

UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA RFID NAS OBRAS

PEDRO MIGUEL BELEZA REIS GOMES SARMENTO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Alfredo Augusto Vieira Soeiro

JUNHO DE 2017

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2016/2017

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2016/2017 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2017.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

RESUMO

A RFID é uma tecnologia de identificação automática que apresenta uma capacidade de adaptação elevada para múltiplas e distintas aplicações, podendo ser aplicada em diversas áreas para inúmeros fins, desde a área da saúde (identificação dos recém-nascidos nas maternidades), passando pela educação (cartões de identificação nas escolas), até à área empresarial (portagens eletrónicas das autoestradas). Na sociedade atual, a tecnologia RFID está cada vez mais presente no nosso quotidiano, apesar de ser impercetível a sua presença e desconhecida da maioria dos seus usuários.

O conhecimento dos equipamentos disponíveis no mercado, bem como das suas características e a seleção daquelas que melhor se adaptem ao sistema em causa, é fundamental para que não ocorram falhas de leitura e para que a aplicação funcione corretamente.

Na presente dissertação é apresentada a tecnologia mencionada, detalhando os seus componentes, características, modo de funcionamento e aplicações, com o objetivo final de elaboração de um guia de implementação/utilização. Nesse sentido, foi realizado um estudo prévio da tecnologia e das suas principais áreas de aplicação, tendo sido fundamental o estudo das aplicações já existentes da RFID aplicadas no setor da construção civil.

Por ultimo, foi elaborado o guia de implementação/utilização de um sistema RFID que efetua o controlo do tempo de funcionamento de equipamentos nas obras. Para a realização deste guia, surgiu a necessidade de criar dois sistemas distintos, mas que prosseguem o mesmo objetivo. Essa necessidade surgiu da verificação da existência de dois tipos de equipamentos nas obras, uns que se movem pela obra e outros que permanecem fixos no mesmo local, constatando-se que o sistema criado para um, não serve para o outro.

PALAVRAS-CHAVE: RFID, RFID nas obras, Aplicações da RFID nas obras, RFID engenharia civil, Sensores e monitores nas obras.

ABSTRACT

RFID is an automatic identification technology that has the capacity to be used itself for multiple and different purposes. Additionally, it can be applied in several areas, such as health matters (through the identification of newborns in maternity hospitals), education (by means of identification cards in schools) and even in the business World (using electronic toll systems). RFID technology has gradually increase its presence and importance in different components of our daily lives, being nevertheless imperceptible to most of its users.

The knowledge of the instruments available in the market, combined with its characteristics and the careful selection of those who best adapt to the system in use, represents a fundamental importance to ensure no errors of analysis and to safeguard a correct and efficient application of this technology.

This paper regards the technology mentioned above, with a meticulous analysis of its components, characteristics, mode of operation and applications, with the objective of creating an implementation and utilization guide in the construction site. For that reason, was necessary a previous examination of the technology and its main areas of application, with an essential attention to existing applications of the RFID technology applied in the construction industry.

Finally, was developed an implementation and use guide of a RFID system that controls the time of operation of the equipment within a construction site. With the aim of realizing this guide, there was a need to create two different systems that, nevertheless, develop the same task. This awareness resulted from the existence of different types of equipment in construction sites, with some tools that move throughout several construction sites and others that remain fixed. Therefore, it is possible to conclude that the characteristics of these equipment demand different features and elements.

KEYWORDS: RFID, RFID construction, RFID applications construction, RFID civil engineering, Sensor and monitor construction

ÍNDICE GERAL

RESUMO	I
ABSTRACT	III
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.3. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO	2
1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	2
2. TECNOLOGIA RFID	5
2.1. CONTEXTO HISTÓRICO	5
2.2. DEFINIÇÃO E FUNCIONAMENTO	7
2.3. COMPONENTES DE UM SISTEMA RFID.....	8
2.4. FREQUÊNCIAS DE OPERAÇÃO RFID	9
2.5. NORMAS E LEGISLAÇÃO	9
2.6. PREÇO DE UM SISTEMA RFID E DOS SEUS COMPONENTES	10
2.7. PRINCIPAIS ÁREAS DE APLICAÇÃO.....	10
2.7.1. GESTÃO DE BENS	11
2.7.2. LOCALIZAÇÃO	12
2.7.3. VERIFICAR AUTENTICAÇÃO.....	12
2.7.4. CORRESPONDÊNCIA.....	12
2.7.5. CONTROLO DE PROCESSO	12
2.7.6. CONTROLO DE ACESSO.....	12
2.7.7. PAGAMENTOS AUTOMÁTICOS	13
3. COMPONENTES DE UM SISTEMA RFID	15
3.1. <i>RF SUBSYSTEM</i>	15
3.2. LEITORES DE RFID	16
3.2.1. POTENCIA E CICLO DE TRABALHO	16
3.2.2. INTERFACE DO <i>ENTERPRISE SUBSYSTEM</i>	16
3.2.3. MOBILIDADE	17
3.2.4. PROJETO E POSICIONAMENTO DA ANTENA	18

3.3.	TAGS RFID	18
3.3.1.	FORMATO IDENTIFICADOR	19
3.3.2.	FONTE DE ALIMENTAÇÃO	19
3.3.2.1.	Passiva	19
3.3.2.2.	Ativa	20
3.3.2.3.	Semi-Ativa	20
3.3.2.4.	Semi-Passiva	20
3.3.3.	CLASSIFICAÇÃO <i>EPCGLOBAL</i> DAS TAGS	20
3.3.4.	FATOR FORMA	21
3.3.5.	FUNCIONALIDADE	21
3.3.5.1.	Memória	21
3.3.5.2.	Sensores Ambientais	22
3.3.5.3.	Segurança	22
3.3.5.4.	Mecanismos de proteção privada:	22
3.3.6.	FREQUÊNCIAS DE OPERAÇÃO	22
3.3.6.1.	Desempenho	23
3.3.6.2.	Facilidade com que o sinal da <i>tag</i> atravessa materiais	23
3.3.6.3.	Possibilidade de interferências rádio	23
3.3.6.4.	Mobilidade internacional das <i>tags</i>	23
3.4.	COMUNICAÇÃO TAG-LEITOR	25
3.5.	ENTERPRISE SUBSYSTEM	26
3.5.1.	MIDDLEWARE	27
3.5.2.	ANALYTIC SYSTEMS	27
3.5.3.	INFRAESTRUTURA DA REDE	27
4.	APLICAÇÕES DA RFID NAS OBRAS	29
4.1.	RASTREAMENTO DE PESSOAS	29
4.2.	RASTREAMENTO DE PESSOAS	31
4.3.	RASTREAMENTO DE MATERIAIS	33
4.4.	SISTEMAS DE AVISO DE PROXIMIDADE	35
4.5.	RASTREAMENTO E LOCALIZAÇÃO DE PESSOAS	36
4.6.	CONTROLO DE PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS	38
4.7.	LOCALIZAÇÃO DE MATERIAIS	39
4.8.	GESTÃO DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	40
4.9.	MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS	43

5.	GUIA DE IMPLEMENTAÇÃO/UTILIZAÇÃO	45
5.1.	IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA RFID	45
5.1.1.	SELEÇÃO DE FORNECEDORES	46
5.1.2.	SELEÇÃO DA FREQUÊNCIA	46
5.1.3.	SELEÇÃO DE TAGS	46
5.1.4.	SELEÇÃO DE LEITORES	47
5.1.5.	SELEÇÃO DE ANTENAS	47
5.2.	FUNCIONAMENTO	47
5.2.1.	EQUIPAMENTOS MÓVEIS - (OPÇÃO 1)	47
5.2.2.	EQUIPAMENTOS MÓVEIS - (OPÇÃO 2)	48
5.2.3.	VANTAGENS E DESVANTAGENS DA OPÇÃO 1 EM RELAÇÃO À OPÇÃO 2	49
5.2.4.	EQUIPAMENTOS FIXOS (GRUA)	50
5.3.	EQUIPAMENTOS	54
5.4.	INFRAESTRUTURA DA REDE E FLUXO DE DADOS	55
5.5.	FORMAÇÃO	56
5.6.	VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA PROPOSTO	56
5.6.1.	VANTAGENS	57
5.6.2.	DESVANTAGENS	57
6.	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	59
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
8.	ANEXOS	67
8.1.	ANEXO 1 – CARACTERÍSTICAS DA GRUA USADA NA SIMULAÇÃO	67
8.2.	ANEXO 2 – CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS RFID (GRUA)	69
8.3.	ANEXO 3 - CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS RFID (OPÇÃO 1)	72
8.4.	ANEXO 3 - CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS RFID (OPÇÃO 2)	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 – Aviões 2ª Guerra Mundial (AtlasRFID, 2017)	5
Fig. 2 – Sistema RFID (Bonsor, K., et al., 2007).....	8
Fig. 3 – RF Subsystem (Aydin, K., et al., 2012)	15
Fig. 4 – Leitor Fixo – Portal (GeorgeJames, 2017)	17
Fig. 5 – Leitor Fixo – Pórtico (Kastnes, P., 2016)	18
Fig. 6 – <i>RF Subsystem</i> e <i>Enterprise Subsystem</i> (Karygiannis, T., et al., 2007)	26
Fig. 7 – Sistema de rastreamento de pessoal (Swedberg, C., 2013)	30
Fig. 8 – Leitores e antenas no teto (Swedberg, C., 2013)	31
Fig. 9 – Leitor RFID (portal) (Swedberg, C., 2011)	32
Fig. 10 – <i>Tags</i> colocadas nos capacetes de proteção pessoal (Swedberg, C., 2011).....	32
Fig. 11 – UPP e UPE (Teizer, J., et al., 2010)	36
Fig. 12 – Distintivo (Swedberg, C., 2009)	37
Fig. 13 – Zona semi-permanente	41
Fig. 14 – Zona de carga e descarga	42
Fig. 15 – Esquema do sistema RFID proposto na aplicação	44
Fig. 16 – Sistema de controlo de tempo de equipamentos móveis (Opção 1)	48
Fig. 17 – Sistema de controlo de tempo de equipamentos móveis (Opção 2)	49
Fig. 18 – Sistema de controlo de tempo de funcionamento de uma grua (Pixabay, 2012).	50
Fig. 19 – Simulação de um serviço da grua	52
Fig. 20 – Dados técnicos da grua (APAGruas, 2017)	52
Fig. 21 – Dados técnicos da paleta de tijolos (Preceram, 2014)	53
Fig. 22 – Sistema de controlo do numero de servicos de uma grua e identificacao(gestao?) de materiais (Pixabay, 2012).....	54
Fig. 23 – Fluxo de dados no sistema RFID	55
Fig. 24 – Grua SGT 6012TL (Soima, 2017)	68
Fig. 25 – Leitor ISC.MRU102 (FQingenieria, 2017a)	69
Fig. 26 – Antena ISC.ANT.U270/270-EU (FQingenieria, 2017b).....	70
Fig. 27 – <i>Tag</i> ZTHM-61X14.X1-A (FQingenieria, 2017c)	71
Fig. 28 – Leitor ACT.T.L-E (FQingenieria, 2017d)	72
Fig. 29 – Antena ACT.T.ANT.7-A (FQingenieria, 2017e)	73
Fig. 30 – <i>Tag</i> ACT.T.AT-A (FQingenieria, 2017f)	74
Fig. 31 – Leitor <i>Double-Sided RFID Portal</i> (6006-D) (GaoRFID, 2017a).....	75

Fig. 32 – Antena Circular Polarized Antenna (326008) (GaoRFID, 2017b).....	76
Fig. 33 – Tag Gen 2 RFID tag (116403) (GaoRFID, 2017c)	77

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução da tecnologia RFID (Roberts, C., 2006)	7
Tabela 2 – Aplicações da RFID (Karygiannis, T., et al., 2007)	11
Tabela 3 – Classificação <i>EPCglobal</i> (Ramakrishnan, R., 2012; Rei, J., 2010; Sran, A., 2012)	21
Tabela 4 – Impacto de certos materiais na transmissão RF (Karygiannis, T., et al., 2007).	24
Tabela 5 – Fontes comuns de interferência em RF (Karygiannis, T., et al., 2007)	25
Tabela 6 – Medições do tempo de colocação do gancho da grua	53
Tabela 7 – Equipamentos RFID propostos	54
Tabela 8 – Vantagens e Desvantagens	56

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

Construção – Setor da construção civil

DOD – Department Of Defense

EAN – European Article Numbering

EAS – Electronic Article Surveillance

EFM – Elemento Fonte de Manutenção

EPC – Electronic Product Code

EPCIS – EPC Information Services

EPP – Equipamento de Proteção Pessoal

EUA – Estados Unidos da América

GPS – Global Positioning System

GS1 – Global Standards One

HF – High Frequency

ID – Identifier

ISM - Industrial, Scientific and Medical

ISO – International Organization for Standardization

LF – Low Frequency

PDA – Personal Digital Assistant

RF – Radio Frequency

RFID – Radio Frequency IDentification

RTF – Reader Talks First

RTLS – Real Time-Location System

Tag – Etiqueta eletrónica

TTF – Tag Talks First

UCC – Uniform Code Council

UCSF – University of California, San Francisco

UHF – Ultra High Frequency

UPE – Unidade de Proteção de Equipamento

UPP – Unidade de Proteção Pessoal

WORM – Write-Once, Read-Many

1

INTRODUÇÃO

No presente capítulo é apresentado o projeto de dissertação “Utilização da tecnologia RFID nas obras” realizado no âmbito da especialização do ramo de Construções, do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Neste capítulo, apresenta-se um enquadramento do tema, definem-se os objetivos, a metodologia de investigação e a estrutura da dissertação.

1.1. ENQUADRAMENTO

As características do trabalho em Portugal vão-se alterando em função do avanço tecnológico, do desenvolvimento económico e das alterações demográficas.

Para as empresas portuguesas se afirmarem como competitivas e produtivas, têm de assegurar boas condições de trabalho em matéria de segurança e saúde, porque a prevenção de riscos e a promoção de condições mais seguras e saudáveis no local de trabalho são essenciais não só para melhorar a qualidade do emprego e as condições de trabalho, como também para promover a competitividade (Domdouzis, K., 2007).

O setor da construção civil, doravante designado por construção, é usualmente confrontado com uma série de problemas relacionados com a saúde, a segurança e a logística na obra. Estes problemas afetam a produtividade e a qualidade da construção tornando-se necessário inovar e implementar tecnologias de informação e comunicação.

A construção civil é um dos setores com maior sinistralidade laboral. As atividades em estaleiros envolvem vários riscos, podendo resultar em acidentes quando não são tomadas as medidas de segurança necessárias. As quedas em altura, os esmagamentos e os soterramentos são os principais acidentes no trabalho. No entanto, a aplicação de medidas preventivas pode garantir a segurança de todos na obra.

A segurança e saúde no trabalho têm de ser uma prioridade na construção. As estatísticas de acidentes no trabalho demonstram que as soluções implementadas se revelam insuficientes para enfrentar este problema. Segundo dados da Organização Internacional do Trabalho, morrem anualmente dois milhões de pessoas devido a acidentes de trabalho ou a doenças profissionais, sendo a construção um dos setores que mais contribui para o número de acidentes de trabalho, e em especial, para o número significativo de acidentes mortais (Resolução do Conselho de Ministros n.º77/2015).

Apesar da relevante evolução verificada nesta matéria nos últimos anos, continuam a existir muitos acidentes fatais em comparação com os outros setores, como o da agricultura ou da indústria da produção, onde o número de acidentes mortais registados é consideravelmente mais baixos.

A construção é usualmente confrontada com uma série de problemas relacionados com a saúde, a segurança e a logística na obra. Estes problemas afetam a produtividade e a qualidade da construção tornando-se necessário inovar e implementar tecnologias de informação e comunicação.

As tecnologias de localização que têm sido utilizadas nas obras são os sensores *wireless* (sem-fios), especialmente a tecnologia de Identificação por Rádio Frequência, *Radio Frequency IDentification* (RFID), que será a tecnologia do âmbito desta dissertação.

Existem também outro tipo de tecnologias para a deteção e localização de objetos e pessoas em tempo real, denominadas de Sistema de Localização em Tempo Real, *Real Time-Location System* (RTLS), onde a ativa RFID se encontra.

A logística da construção é definida como o movimento de materiais e equipamentos para dar apoio ao projeto da construção, sendo um elemento da maior relevância no processo da construção, que afeta a produtividade e o desenvolvimento do projeto.

Os processos de logística, se forem bem conduzidos, podem trazer inúmeras vantagens a um projeto de construção. No entanto, daí também podem advir problemas, tais como, atrasos na entrega de materiais para a obra, a dificuldade de localização de um material durante a sua entrega, uma má gestão de inventário (o transporte para um determinado local e a sua futura utilização), a monitorização da taxa de uso de materiais e equipamentos.

Os problemas relativos à matéria da segurança, saúde e logística na construção, podem ser otimizados recorrendo à tecnologia RFID (Cardoso, P., 2009).

1.2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é expor as possibilidades de uso da tecnologia RFID na construção e apresentar um guia de utilização/implementação para um caso de controlo de tempo de funcionamento de equipamentos numa obra, a fim de diminuir o tempo de inatividade dos equipamentos, fazer um controlo sobre o tempo de funcionamento dos mesmos, de modo a controlar a produtividade dos equipamentos e reduzir custos.

1.3. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

A metodologia de investigação utilizada nesta dissertação foi a pesquisa bibliográfica, recorrendo a teses de mestrado e doutoramento, revistas científicas, artigos de revisão, catálogos, livros da especialidade e websites, enriquecida com conhecimentos adquiridos de profissionais que trabalham com sistemas RFID. No último capítulo, para a elaboração do guia de implementação/utilização, houve ainda a necessidade de proceder à recolha de dados em campo.

1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação encontra-se organizada em seis capítulos.

O presente capítulo refere-se à introdução da dissertação, que engloba o enquadramento, os principais objetivos, a metodologia de investigação utilizada e a estrutura da tese.

No segundo capítulo é apresentada uma contextualização histórica da tecnologia RFID, a definição e funcionamento desta tecnologia, os componentes que fazem parte da mesma, as frequências utilizadas, normas e legislações, preços de equipamentos e ainda as suas principais áreas de aplicação.

No terceiro capítulo são apresentados, de uma forma detalhada, os componentes de um sistema RFID e suas particularidades, respetiva estrutura e funcionamento.

No quarto capítulo, são referidos exemplos de aplicações de sistemas RFID na construção e formas de utilização.

No quinto capítulo é apresentado um guia de implementação/utilização, o qual faz referência a um sistema de controlo de tempo de funcionamento de equipamentos.

O sexto capítulo é o das conclusões e trabalhos futuros.

2

TECNOLOGIA RFID

2.1. CONTEXTO HISTÓRICO

A tecnologia RFID surgiu durante a Segunda Guerra Mundial devido à necessidade da identificação de aviões aliados e inimigos. Esta tecnologia teve origem nos sistemas de radares utilizados, uma vez que, até à data, os mesmos não permitiam a distinção entre aviões aliados e inimigos. Surgiu, assim, o primeiro sistema passivo RFID, em que os alemães para conseguirem detetar os seus aviões faziam com que os seus pilotos os rodassem quando estavam a chegar à base, modificando, desta forma, o sinal de rádio que seria refletido para o radar.



Fig. 1 – Aviões 2ª Guerra Mundial (AtlasRFID, 2017)

Durante a Segunda Guerra Mundial, o sistema de radares sofreu bastantes evoluções, tornando-se capaz de identificar aviões e navios. Com a evolução da tecnologia surgiu a denominação de micro-ondas para o radar. Este apresentava melhorias no alcance e na frequência de operação, através da utilização de comprimentos de onda mais curtos, o que permitia um maior alcance. Em resultado da evolução desta tecnologia, passou a ser possível seguir as rotas dos aviões e navios, calcular as suas velocidades e, o mais importante, conseguir identificá-los. Surgiu assim o modelo de identificação “*Identify: Friend or Foe*” que permitia saber se os objetos detetados eram aliados ou inimigos.

Ulteriormente passou a denominar-se de “*squawk*”. Este era constituído por um código de quatro letras, introduzido manualmente no *transponder* do avião, que ao ser solicitado pelo radar, emitia automaticamente uma resposta com o respetivo código, permitindo desta forma saber se era um avião aliado ou inimigo.

A RFID e o radar estão, de certa forma, interligados, visto que o funcionamento do radar se assemelha ao da RFID quando este utiliza etiquetas eletrónicas (doravante designado por *tags*) passivas. Estas assemelham-se aos objetos que o radar procura. Assim que uma *tag* se localiza dentro do raio de alcance de um recetor, aquela vai receber energia deste, ativando-se e permitindo assim, que, desta forma, emita um sinal que é recebido pelo recetor. Apesar deste sinal não ser a reflexão do sinal emitido pelo recetor, o funcionamento mantém-se semelhante ao do radar, uma vez que a emissão de energia solicita uma resposta que pode ser interpretado por um dispositivo para esse fim.

Um dos primeiros documentos que explora a RFID é um artigo de referência de Harry Stockman, publicado em 1948, com o seguinte título: “*Communication by Means of Reflected Power*”. Esse documento surgiu na sequência da pesquisa realizada sobre rádio e radar, na Segunda Guerra Mundial.

Em 1950, houve uma exploração teórica das técnicas da RFID com uma série de pesquisas pioneiras e artigos científicos publicados.

Em 1960, vários investigadores desenvolveram protótipos do sistema RFID. Apareceram alguns sistemas comerciais, como o *Sensormatic* e *Checkpoint*, que tinham como objetivo garantir a segurança de artigos contra furtos, tendo sido usado em artigos de alto valor e em vestuário. Estes sistemas usaram *tags* de 1 bit e detetavam a presença ou a ausência de um *tag*. Assim, esta foi a primeira forma do uso comercial da RFID.

Na década de 1970, investigadores e instituições académicas, incluindo organizações como *Los Alamos Scientific Laboratory* e *Swedish Microwave Institute Foundation*, demonstraram um grande interesse pela RFID, tendo levado a cabo um importante trabalho de desenvolvimento e de aplicações da RFID, como a marcação de animais para sua localização, que se tornou comercialmente viável.

As aplicações RFID foram estendidas a outras áreas na década de 1980. Na Europa, para além dos sistemas de localização de animais que se generalizaram, as estradas em alguns países, como a Itália, França, Espanha, Portugal e Noruega, foram equipadas com portagens com sistemas RFID.

A adoção generalizada da cobrança eletrónica nas portagens, nos Estados Unidos, ocorreu nos anos de 1990. Em 1991, foi criado o primeiro sistema de portagens eletrónico em Oklahoma, que possibilitou aos veículos passar pelos pontos de portagem a uma velocidade de circulação em autoestrada, ou seja, sem haver a necessidade de parar nas cabines de portagens. Na Europa, também houve um interesse considerável em aplicações de RFID, incluindo cobranças de portagens, aplicações ferroviárias e controlo de acesso.

O crescimento da tecnologia RFID continuou na década de 1990. Durante este período houve o desenvolvimento dos circuitos integrados e, também, a redução de tamanho das *tags*, até que as mesmas fossem reduzidas a um único circuito integrado.

Atualmente, continua a haver interesse crescente na tecnologia RFID e no seu desenvolvimento.

Em 2006, já existiam mais de 350 patentes registadas no Escritório de Patentes dos EUA (Estados Unidos da América) relacionadas a RFID e aplicações RFID e atualmente existem cerca de 6000 (Roberts, C., 2006).

Tabela 1 – Evolução da tecnologia RFID (Roberts, C., 2006)

Década	Acontecimento
1940-1950	Surgiu a primeira forma passiva de um sistema RFID. A tecnologia RFID foi inventada em 1948.
1950-1960	Houve uma exploração teórica da tecnologia RFID, com uma série de pesquisas e experiências pioneiras.
1960-1970	Desenvolveu-se a tecnologia RFID. Surgiram sistemas comerciais da tecnologia RFID.
1970-1980	Houve uma explosão do desenvolvimento da tecnologia RFID. Surgiram aplicações que foram muito usadas (como a marcação animal para a sua localização).
1980-1990	A comercialização das aplicações RFID tornaram-se comuns.
1990-2000	Surgiram normas para as aplicação da tecnologia RFID. A tecnologia RFID foi abundantemente implementado. A tecnolofia RFID começaram a fazer parte do nosso dia-a-dia.

2.2. DEFINIÇÃO E FUNCIONAMENTO

A tecnologia RFID consiste na identificação de itens por radiofrequência (RF). Esta tecnologia, via *wireless*, através de ondas de rádio, é capaz de ler, capturar e modificar informação armazenada numa *tag*, que esteja associada a um objeto. A *tag* pode, assim, ser lida a uma grande distância e não precisa de estar alinhada com o leitor (equipamento de leitura RFID ou *Reader*) para ser localizada, interpretada ou modificada. O leitor permite a leitura de dados da *tag* através das ondas rádio e em seguida disponibiliza a informação numa rede ou num computador para que os dados possam ser utilizados para criar valor.

A RFID permite, portanto, a captura automática de dados para a identificação, localização e monitorização de pessoas, animais ou ainda de qualquer objeto que esteja equipado com etiquetas eletrónicas, mais conhecidos como *tags* ou *transponders*. Esta capacidade de identificação e localização, faz com que esta tecnologia tenha um alargado interesse na indústria e no comércio, uma vez que pode ter aplicações em diversas áreas, desde a organização e localização de *stocks* à monitorização de pessoas e bens, entre outros (Bonsor, K., et al., 2007; nControl, 2015).

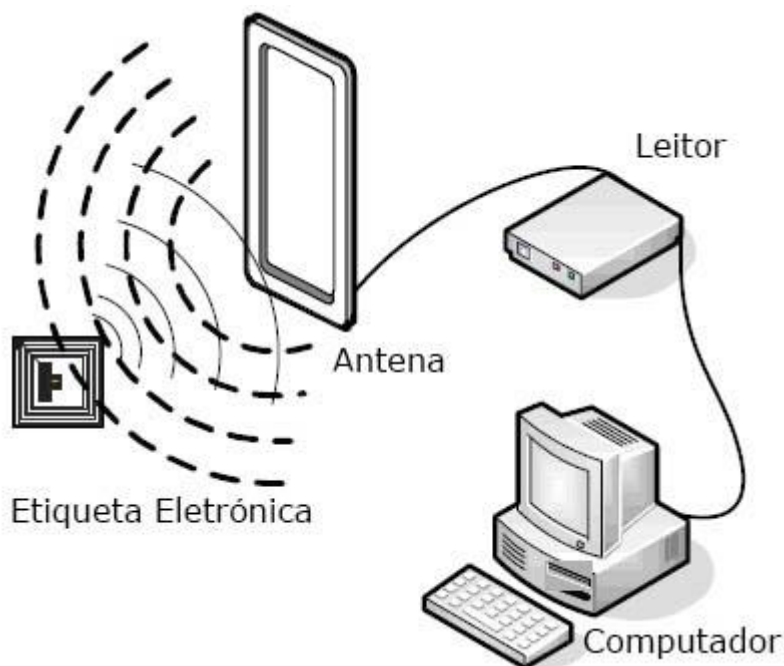


Fig. 2 – Sistema RFID (Bonsor, K., et al., 2007)

2.3. COMPONENTES DE UM SISTEMA RFID

Um sistema RFID é constituído por vários componentes, sendo os principais:

- *Tag* (etiqueta eletrônica, *transponder*, *e-tag*, etiqueta inteligente, ou simplesmente etiqueta)
- Sistema de leitura que é composto, pelo menos, por um leitor RFID (*transceiver*) e uma antena
- *Software* de aplicação (*Host application software*)

A *tag* é o componente de identificação de um objeto. Usa um sinal de RF para comunicar e é constituído por um chip e uma antena. Existem vários tipos de *tags*, as ativas, as passivas, as semi-ativas e as semi-passivas. As *tags* passivas não têm energia e recebem-na através da RF emitida pelo leitor, das células fotovoltaicas ou por energia térmica. Desta forma, assim que a *tag* receber a energia suficiente para comunicar ela vai fazê-lo, o que pode gerar conflitos de leitura quando estamos na presença de várias *tags*. As *tags* ativas têm a sua própria fonte de energia, pelo que podem integrar sensores para coordenar comunicações e evitar conflitos de sinais com outras *tags*.

O leitor é o componente que permite interagir com a *tag*, gerir as comunicações com a mesma e evitar colisões de sinais. O leitor tem a capacidade de comunicar com a *tag*, fornecer e recuperar informação à mesma e estabelecer comunicações com o *software* de aplicação. Este é o interface do usuário, onde o usuário pode visualizar o fluxo de dados do sistema RFID (Castro, M., 2011; Pereira, P., 2011; Rei, J., 2010).

2.4. FREQUÊNCIAS DE OPERAÇÃO RFID

A frequência de operação é a frequência eletromagnética utilizada para comunicações e obtenção de alimentação.

O sistema RFID funciona em diferentes gamas de frequências, mas estas têm influência nas suas características, tais como, a velocidade e a distância máxima de leitura e os materiais que essas frequências conseguem ou não atravessar. Existem 4 tipos diferentes de gamas de frequência onde o sistema RFID trabalha, estas são: Baixa Frequência, *Low Frequency* (LF), Alta Frequência, *High Frequency* (HF), Muito Alta Frequência, *Ultra High Frequency* (UHF) e Micro-ondas (Martins, L., 2011; Valero, E., et al., 2015).

2.5. NORMAS E LEGISLAÇÃO

Devido à expansão do sistema RFID, ao seu uso generalizado nas indústrias e em diferentes empresas, surgiu a necessidade de existirem protocolos e normas nesta matéria. Só desta forma se conseguiria assegurar que as várias soluções produzidas pelas diferentes empresas seriam compatíveis.

Existem duas organizações envolvidas nos projetos para a padronização de protocolos na área dos sistemas RFID, que são, a Organização Internacional de Normalização, *International of Standardization* (ISO), e a *EPCglobal*.

A ISO criou protocolos de comunicação relacionados com as frequências de operação, sendo eles os seguintes:

- 18000-1: Parâmetros genéricos para interface aérea de frequências globalmente aceites
- 18000-2: Interface aéreo para 135KHz
- 18000-3: Interface aéreo para 13,56MHz
- 18000-4: Interface aéreo para 2.45 GHz
- 18000-5: Interface aéreo para 5,8 GHz
- 18000-6: Interface aéreo para 860MHz até 930 MHz
- 18000-7: Interface aéreo de 433,92 MHz

Existem também outras normas ISO para regularem outro tipo de aplicações desta tecnologia, como é exemplo a ISO 14233, que apresenta os protocolos e normas para a identificação animal por RFID.

A *EPCglobal* definiu um protocolo de identificação denominado de Código do Produto Eletrónico, *Electronic Product Code* (EPC), que representa um único código associado a cada *tag*. Durante muito tempo faltavam protocolos normalizados sobre a comunicação entre um leitor e uma *tag*, e em 2004 o *EPCglobal* introduziu a norma *Gen-1*, com o objetivo de corrigir essa mesma falta de normalização.

A *EPCglobal* criou a norma UHF EPC *Gen 2*, que surge com o objetivo de facilitar o uso do EPC, que permite a identificação de objetos únicos.

Uma estrutura de rede EPC caracteriza-se por cinco elementos: Número EPC, Etiqueta eletrônicas EPC (*tag*), *Reader/Leitor*, EPC *Middleware*, ONS (*Object Name Service*) e EPCIS (*EPC Information Service*) (Martins, L., 2011).

2.6. PREÇO DE UM SISTEMA RFID E DOS SEUS COMPONENTES

O custo de um sistema RFID tem um valor muito variável, dependendo do tipo de aplicação e da dimensão da mesma, logo não é possível atribuir um valor concreto para um sistema genérico. O custo de um sistema não depende apenas do custo dos equipamentos (*tags* e leitores), pois também é necessário adquirir um *middleware*, que é responsável por filtrar os dados provenientes dos leitores, e ainda um *software* de processamento para converter os dados do *middleware* em informação útil (RFIDJournal, 2017a).

Os preços dos equipamentos também são variáveis, estando dependentes de diversos fatores que podem influenciá-los.

O preço das *tags* não é constante, porque depende das características que estas necessitem para um sistema em concreto. As características da *tag* (ativa ou passiva, a sua capacidade de memória e a embalagem da mesma), fazem com que o preço oscile. Outro fator que pode influenciar o preço da *tag* é a quantidade de *tags* que se pretende comprar a um determinado fornecedor. Geralmente, as *tags* ativas apresentam um preço igual ou superior a \$25 (21,5€), sendo que, se esta possuir uma embalagem especial, com uma bateria de longevidade extra ou sensores, o valor desta pode ascender aos 100\$ (85,8€) ou mais. Uma *tag* passiva, pode custar entre \$0,07 (0,06€) a \$0,15 (0,13€) (RFIDJournal, 2017b).

O preço dos leitores depende do seu tipo. A maior parte dos leitores UHF, custam entre \$500 (429,1€) a \$2000 (1716,4€), dependendo das características do mesmo. Muitas vezes é necessário comprar as antenas separadamente dos leitores (juntamente com os cabos), que podem atingir um valor igual ou superior a \$200 (171,6€). Devido à sua crescente utilização, o preço dos leitores UHF está a descer à medida que a produção dos mesmos aumenta. Um leitor modular (uma placa de circuito que pode ser colocada noutro dispositivo) de baixa frequência pode custar menos de \$100 (85,8€) enquanto um leitor independente e totalmente equipado pode atingir um custo de \$750 (643,6€). Um leitor modular de alta frequência custa normalmente \$200 (171,6€) a \$300 (257,5€). No entanto, se for um leitor independente e totalmente equipado pode custar \$500 (429,1€) (RFIDJournal, 2017c).

2.7. PRINCIPAIS ÁREAS DE APLICAÇÃO

A tecnologia da RFID, apesar de ter chegado ao mercado há relativamente pouco tempo, não para de crescer e possui uma vasta área de aplicação.

A RFID é uma tecnologia que não fornece muito valor por conta própria, mas permite que as empresas desenvolvam aplicativos que criem valor. Este tópico analisa de que modo a RFID está a ser usada nas diversas áreas e as principais formas como poderia ser aplicada no futuro.

A tecnologia RFID está a ser desenvolvida em várias organizações por ter o potencial de melhorar a *performance* e reduzir os custos de operação. Para atingir estes objetivos, o sistema RFID deve ser programado no sentido de dar apoio a um determinado objetivo automaticamente. As aplicações da RFID são diversas devido à ampla gama de negócios que existem.

Existem vários tipos de aplicações para a RFID e as mais comuns são a gestão e a localização de bens, pagamentos automáticos e gestão da cadeia logística (Violino, B., 2005).

A tabela seguinte lista as razões pelas quais as organizações podem querer identificar um objeto e a respetiva aplicação associada.

Tabela 2 – Aplicações da RFID (Karygiannis, T., et al., 2007)

Objetivo da identificação	Tipo de Aplicação
Determinar a presença de um objeto	Gestão de bens
Determinar a localização de um objeto	Localização
Determinar a origem de um objeto	Verificar autenticação
Garantir que objetos associados não estão separados	Correspondência
Associar informação com um objeto para tomada de decisão	Controlo de processo
Autenticar uma pessoa	Controlo de acesso
Conduzir transações financeiras	Pagamentos automáticos

A primeira vez que a tecnologia RFID foi comercializada foi entre a década de 60 e 70, e o sistema chamava-se *Electronic Article Surveillance* (EAS). A sua primeira função foi evitar o furto, usando a forma mais simples de um RFID. Empresas e organizações como a *Wall-Mart Corporation* e o Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DOD) impuseram aos seus fornecedores o uso da tecnologia RFID. Essas ações foram consideradas o maior “empurrão” para o uso comercial da referida tecnologia nos anos correntes. Hoje em dia, a RFID tem sido aplicada em diversas áreas comerciais, como na saúde, no retalho, na indústria automóvel, nas operações de pagamento e em muitas outras (Huang, C., 2009).

2.7.1. GESTÃO DE BENS

A tecnologia RFID aplicada à gestão de bens, é usada para fazer a gestão de inventário de algum bem que esteja etiquetado com uma *tag*. Esta tecnologia oferece significantes vantagens em comparação com as “etiquetas de papel” ou sistemas de códigos de barras, pois possui a capacidade de ler e identificar diversos itens simultaneamente sem ter a necessidade de estar alinhado ou em contacto com os possíveis equipamentos de identificação dos mesmos. Assim, esta tecnologia, aumenta a velocidade relativa às tarefas da gestão de bens, melhorando desta forma a eficiência desta tarefa.

A forma mais simples da gestão de bens é a EAS. As etiquetas eletrónicas EAS são colocadas em equipamentos eletrónicos, peças de vestuário, livros, e outros tipos de materiais de retalho. Assim, quando um cliente compra um item, o vendedor desativa a etiqueta eletrónica, mas se um cliente tentar sair da loja sem a etiqueta eletrónica ter sido previamente desativada, ao passar na porta de saída, os leitores aí presentes irão detetar a passagem de uma etiqueta eletrónica e automaticamente

faz disparar um alarme. Neste caso, a tecnologia RFID apenas controla o que está ou não equipado com uma etiqueta EAS, indicando se o item passa na saída sem ter sido previamente desativado (Karygiannis, T., et al., 2007; Violino, B., 2005).

2.7.2. LOCALIZAÇÃO

A tecnologia RFID aplicada à localização, é utilizada para identificar a localização de um item, isto é, detetar a presença de uma *tag* associada a um objeto. Muitas aplicações de localização fazem parte do sistema de gestão de bens. Uma das diferenças entre um sistema de gestão de bens e um sistema de localização, é que um sistema de gestão de bens deteta a presença de um item num determinado local por um leitor, e o sistema de localização requer o uso de mais do que um leitor, para que o sistema central possa agregar e relacionar informação recebida por cada um dos leitores e assim identificar a localização do item (Karygiannis, T., et al., 2007).

2.7.3. VERIFICAR AUTENTICAÇÃO

Na aplicação de verificação de autenticação, a *tag* fornece informação sobre a origem de um item etiquetado. O fornecedor das *tags* cria um registo inicial, que pode ser colocado numa *tag* ou numa base de dados. Quando os leitores interrogam as *tags*, conseguem determinar se a *tag* diz respeito ao fornecedor pretendido ou se é um material contrafeito. De forma a que o sistema possa garantir um certo nível de segurança, normalmente é necessário incorporar criptografia e mecanismos para impedir a clonagem das *tags* (Karygiannis, T., et al., 2007).

2.7.4. CORRESPONDÊNCIA

Na aplicação de correspondência, dois itens etiquetados são combinados um com o outro e um sinal é disparado se um deles, mais tarde, for combinado com um item incorretamente etiquetado. O uso mais comum de aplicações de correspondência com a tecnologia RFID é nos hospitais, mais propriamente nas maternidades, e envolve aplicar uma pulseira com uma *tag* na mãe e outra no seu bebé recém-nascido, para que, desta forma, se uma nova mãe for associada a um bebé de outra mulher, o sistema emita um sinal (Karygiannis, T., et al., 2007).

2.7.5. CONTROLO DE PROCESSO

As aplicações de Controlo de Processo permitem que num determinado processo, usem informação associada a uma *tag* ou ao item anexado à *tag* para tomar a ação pretendida. Por exemplo, uma *tag* pode estar anexada a um módulo de um produto numa linha de montagem de uma fábrica. A informação da *tag* seria associada às características desejadas do produto final. Em cada etapa de um processo de montagem, um leitor pode ler a *tag* e tomar a decisão acertada, como adicionar um determinado componente ou usar uma determinada tinta. Noutro tipo de aplicações, os sensores são anexados a *tags*, para medirem temperaturas, humidades, impactos ou até deslocamentos.” (Karygiannis, T., et al., 2007).

2.7.6. CONTROLO DE ACESSO

Os sistemas de controlo de acesso usam a tecnologia RFID para detetar automaticamente se um indivíduo está autorizado a aceder a algum lugar ou alguma área restrita. O seu funcionamento

passa por exigir a cada indivíduo a quem for dado acesso a uma determinada área restrita, que tenha na sua posse um cartão RFID, para que, ao chegar à entrada dessa zona restrita, passe o respectivo cartão no leitor, que fará a verificação e dará ou não permissão à entrada desse mesmo indivíduo (Karygiannis, T., et al., 2007; Violino, B., 2005).

2.7.7. PAGAMENTOS AUTOMÁTICOS

A tecnologia RFID permite ainda que seja possível automatizar uma série de transações financeiras, tais como, pórticos de estradas, bombas de gasolina e produtos de retalho usando cartões de crédito com sistema RFID integrado.

Dependendo da distância e da velocidade com que esse pagamento se irá processar, por exemplo, um cartão de crédito a passar num terminal multibanco ou um carro a passar num pórtico da autoestrada, tem que se adotar uma respetiva *tag* adequada ao processo (Karygiannis, T., et al., 2007; Violino, B., 2005).

3

COMPONENTES DE UM SISTEMA RFID

Um sistema RFID pode ser muito complexo e a sua implementação pode ser diferente conforme a indústria e o setor de aplicação onde este se encontra. Aquele é sempre composto por um *RF subsystem* (Subsistema de Radiofrequência) e, quase sempre, por um *enterprise subsystem* (Subsistema da empresa). Por vezes, sendo preciso partilhar informação através dos limites organizacionais, verifica-se a necessidade de recorrer a um terceiro subsistema, denominado de *inter-enterprise subsystem* (Subsistema interempresas), que faz a ligação entre os *enterprise subsystems* (Karygiannis, T., et al., 2007).

3.1. RF SUBSYSTEM

O *RF subsystem* é composto por *tags* e leitores.

Os **leitores** (transceiver) são dispositivos eletrónicos que comunicam com a *tag* via *wireless*, com o objetivo de identificar, enviar e receber informação, e permitir comunicações com o *middleware* do *enterprise subsystem*.

As *tags* são pequenos dispositivos eletrónicos de comunicação que usam um sinal de RF para comunicar e são constituídos por um circuito integrado e uma antena, que podem ser fixados ou incorporados a um objeto ao qual se queira associar. Cada *tag* tem uma identificação que a caracteriza e pode possuir também outras características como, sensores ambientais, memória para dados adicionais e mecanismos de segurança, dependendo do tipo de *tag* e da aplicação a que se destina (Karygiannis, T., et al., 2007).



Fig. 3 – RF Subsystem (Aydin, K., et al., 2012)

3.2. LEITORES DE RFID

Os leitores são dispositivos que servem para captar a informação armazenada na *tag* ou modificar essa informação.

O leitor é considerado um intermediário entre as *tags* e o *enterprise subsystem*. A informação que é captada da *tag* é transferida para o *middleware* através do leitor para ser processada e enviada para o *analytic systems* (sistema analítico). A informação também pode fluir no sentido oposto, ou seja, pode ser transferida para o *middleware* de forma a ser processada e enviada para o leitor, com a finalidade de gravar informação ou continuar o processo interrogatório à *tag*. Para esse efeito, o leitor, deve possuir uma antena e uma porta RS-232 ou uma entrada de rede (Huang, C., 2009).

Existem dois tipos de leitores, os leitores *read-only* (apenas de leitura) e os *read/write* (leitura/escrita). O leitor *read-only* apenas lê informação (os dados gravados na *tag*) e o leitor *read/write* é capaz de ler e gravar dados na *tag* (Huang, C., 2009; Ward, M., 2006).

Para que o leitor e a *tag* comuniquem entre si devem obedecer às mesmas normas e protocolos de comunicação. Por isso, em muitos casos, as *tags* e os leitores, usados numa empresa, têm de ser fornecidos pelo mesmo fabricante, de forma a que possam ser utilizados em conjunto (Karygiannis, T., et al., 2007).

As características dos leitores incluem:

- Potência e ciclo de trabalho;
- Interface do *Enterprise subsystem*;
- Mobilidade;
- Projeto e posicionamento da antena.

3.2.1. POTENCIA E CICLO DE TRABALHO

Nos leitores, as normas e os regulamentos determinam a potencia e o ciclo de trabalho permitido. O ciclo de trabalho de um leitor consiste na percentagem de tempo em que um aparelho está a emitir energia sobre um determinado período de tempo.

Os leitores que comunicam com *tags* passivos têm de apresentar uma potencia suficiente, de forma a que o sinal chegue até à *tag* e ative o *backscatter* (retrodifusão ou retroespalhamento) para este voltar ao leitor, o que não é necessário nos leitores que comunicam com *tags* ativas, pois estas têm uma fonte de energia própria para emitir um sinal. Os leitores com maiores potencias e ciclos de trabalho, podem ler as *tags* de modo mais rápido, mais correto e a maiores distâncias (Karygiannis, T., et al., 2007).

3.2.2. INTERFACE DO ENTERPRISE SUBSYSTEM

A interface do *enterprise subsystem* tem como objetivo auxiliar a transferência de dados do leitor para o *enterprise subsystem*, de forma a que os mesmos sejam processados e analisados. Em muitos casos, o interface do *enterprise subsystem* é usado para controlo remoto dos leitores, via *wireless* ou por cabo. De referir que todos os leitores possuem um interface do *RF subsystem* para

comunicar com as *tags*, mas apenas alguns têm um segundo interface para comunicar com o *enterprise subsystem* (Karygiannis, T., et al., 2007).

3.2.3. MOBILIDADE

O interface do leitor pode ser ligado a um *enterprise subsystem* por cabo ou *wireless*.

Nos sistemas em que o leitor está ligado ao *enterprise subsystem* através de cabo, estes estão em locais fixos, oferecendo assim limitações no que diz respeito à sua mobilidade. Nestes casos, uma vez que o leitor é fixo, para que haja comunicação entre o *tag* e o leitor, a *tag* tem que se aproximar deste. As figuras 4 e 5 são exemplos de leitores fixos. Na figura 4 é possível verificar a existência de um leitor fixo, que lê as *tags* que passam através do mesmo. A figura 5, apresenta igualmente leitores fixos, que têm as suas antenas montadas na parte superior da estrutura de uma portagem, de modo que, quando um veículo passe por baixo desta, o leitor leia a *tag* que está afixada no para-brisas do veículo (Karygiannis, T., et al., 2007).

Em contraste, existem os leitores considerados móveis, que estão ligados ao *enterprise subsystem* via *wireless*, não oferecendo limitações à mobilidade. Sendo assim, os utilizadores têm que transportar o leitor até às *tags*, de forma a obter a sua leitura. Estando estes leitores móveis divididos em dois tipos, os denominados simplesmente de móveis e os *handheld* (manual). Os móveis são usualmente colocados em equipamentos de transporte de mercadorias, enquanto que os *handheld* são utilizados manualmente pelos operadores (Karygiannis, T., et al., 2007; Rei, J., 2010).



Fig. 4 – Leitor Fixo – Portal (GeorgeJames, 2017)

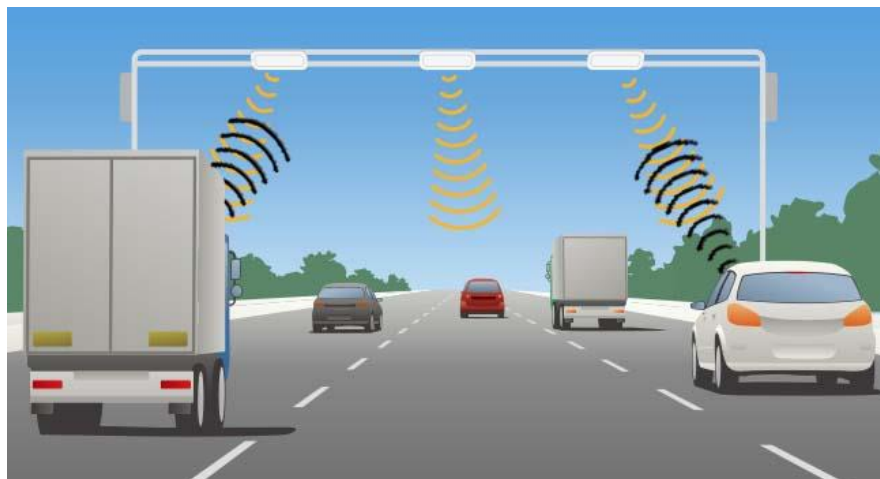


Fig. 5 – Leitor Fixo – Pórtico (Kastnes, P., 2016)

3.2.4. PROJETO E POSICIONAMENTO DA ANTENA

Os leitores usam uma grande diversidade de antenas, que existem com características muito diferentes. As mesmas podem ser integradas no leitor ou removíveis e cada antena apresenta um padrão de cobertura diferente. Para reduzir a probabilidade de um intruso entrar na nossa rede, a antena deverá ser escolhida de forma a cobrir apenas a zona pretendida (Karygiannis, T., et al., 2007).

3.3. TAGS RFID

A *tag* (*transponder*) é um dispositivo constituído por dois componentes principais:

- Um pequeno circuito integrado que contém um número de identificação único.
- Uma antena que pode emitir e receber ondas rádio.

Existem dois tipos principais de *tags*, as passivas e as ativas. Estas *tags* podem ter diversas aplicações, e assim, de forma a dar resposta a todas as necessidades do mercado, podem diferir no tamanho, espessura, desempenho, mecanismos de segurança e, obviamente, no custo.

As *tags* são caracterizadas essencialmente por:

- Formato Identificador;
- Classificação *EPCglobal* das *tags*;
- Fonte de alimentação;
- Funcionalidade;
- Fator Forma;
- Frequências de operação (Karygiannis, T., et al., 2007; Rei, J., 2010).

3.3.1. FORMATO IDENTIFICADOR

As *tags* têm um identificador que é usado para as identificar como únicas e existem diversas formas de codificar os identificadores das mesmas. O formato identificador da *tag*, que é usado numa grande parte de setores da indústria, é o EPC, formato este desenvolvido pelo grupo *EPCglobal*, que resultou de uma *joint venture* (associação de empresas) com a *Global Standards One* (GS1), conhecida como *European Article Numbering* (EAN) *International*, e a GS1 US, conhecida como *Uniform Code Council* (UCC).

O formato identificador da *tag* é composto por quatro campos:

- O *Header* (Cabeçalho), que especifica o tipo de EPC;
- O *EPC Manager Identifier* (ID) (Identificação da entidade responsável pelo EPC), que identifica a organização que é responsável por atribuir a classe do objeto e o número de série;
- O *Object Class* (Classe do Objeto), que identifica a classe do objeto;
- O *Serial Number* (Número de série), que descreve exclusivamente um objeto (Karygiannis, T., et al., 2007).

3.3.2. FONTE DE ALIMENTAÇÃO

As *tags* precisam de energia para poderem executar as suas funções, tal como enviar sinais rádio para o leitor, armazenar e recuperar os dados, entre outras. Esta energia pode derivar de duas fontes diferentes, de uma bateria ou de ondas eletromagnéticas emitidas pelo leitor que induzem uma corrente elétrica na *tag*. A distância de operação entre o *tag* e o leitor, a RF usada e a funcionalidade da *tag*, são características que fazem variar as necessidades de energia das *tags*. Normalmente, quanto mais complexas forem as funções de uma *tag*, maiores serão as suas necessidades de energia (Karygiannis, T., et al., 2007).

Quanto à fonte de alimentação, as *tags* são caracterizadas em quatro tipos:

- Passiva;
- Ativa;
- Semi-ativa;
- Semi-passiva (Karygiannis, T., et al., 2007; Rei, J., 2010).

3.3.2.1. Passiva

A **tag passiva** não possui uma fonte de energia própria, pelo que, para realizar as comunicações, depende da energia eletromagnética proveniente da transmissão do leitor, de modo a poder responder ao mesmo. O sinal de resposta de uma *tag* passiva é conhecido como sinal *backscattered* e apenas tem uma fração da energia do sinal do leitor. Uma vez que a *tag* apenas transmite uma fração de energia do leitor, a distância de comunicação é limitada. Isto também quer dizer que as *tags* passivas apenas suportam processamento de dados de complexidade limitada. Por outro lado, como as *tags* passivas não necessitam de uma fonte de energia permanente têm um ciclo de vida muito grande. Acresce ainda as vantagens de serem menos dispendiosas, mais pequenas e mais leves que os outros tipos de *tags* (Huang, C., 2009; Karygiannis, T., et al., 2007; Rei, J., 2010).

3.3.2.2. Ativa

A **tag ativa** possui uma transmissão contínua de RF e depende de uma bateria para a alimentação de energia. A bateria é usada para comunicar com o leitor, para ligar os circuitos integrados de alimentação e para executar outras funções. As distâncias de comunicação são mais amplas do que nos outros tipos de *tags* e, como estas têm uma fonte de energia própria, podem responder a sinais mais fracos que as *tags* passivas. Por terem fonte de energia própria (bateria, sendo esta finita), são normalmente maiores e importam custos superiores (Huang, C., 2009; Karygiannis, T., et al., 2007; Rei, J., 2010).

3.3.2.3. Semi-Ativa

Uma **tag semi-ativa** é uma *tag* ativa que permanece inativa até que receba um sinal de um leitor. À semelhança da *tag* ativa, a semi-ativa utiliza a sua bateria para comunicar com o leitor, podendo comunicar por maiores distâncias que as *tags* passivas, pois estas têm a sua própria fonte de energia. A sua principal vantagem relativamente às *tags* ativas, é o facto de terem uma maior duração de bateria, pois estas apenas despendem energia quando o leitor as solicita para tal. Este processo, por vezes, gera atrasos, por exemplo, quando a *tag* passa pelo leitor muito rapidamente ou quando muitas *tags* necessitam de ser lidas num curto intervalo de tempo (Huang, C., 2009; Karygiannis, T., et al., 2007; Rei, J., 2010).

3.3.2.4. Semi-Passiva

Uma **tag semi-passiva** é uma *tag* passiva que usa uma bateria para ativar o circuito, mas não para produzir sinal de retorno. Quando a bateria é usada para alimentar um sensor, elas são geralmente chamadas de *tags* sensor. São normalmente mais pequenas e mais baratas que as *tags* ativas. Comparativamente às passivas, estas têm mais funcionalidades, uma vez que têm uma fonte de energia própria, fazendo com que sejam mais fiáveis e que tenham uma distância de leitura maior, mas por outro lado são mais frágeis, mais caras e têm um ciclo de vida mais curto (Huang, C., 2009; Karygiannis, T., et al., 2007; Rei, J., 2010).

3.3.3. CLASSIFICAÇÃO EPCGLOBAL DAS TAGS

Esta classificação é atribuída pela *EPCglobal* e varia desde a Classe-0 até à Classe-5, em que, quanto maior é a sua classe, mais características esta adquire, mas mantendo sempre as da classe anterior (Rei, J., 2010).

Tabela 3 – Classificação *EPCglobal* (Ramakrishnan, R., 2012; Rei, J., 2010; Sran, A., 2012)

Classe EPC	Definição	Programação
Classe-0	<i>Tags</i> Passivas, apenas de leitura (<i>Read Only</i>)	Pré-programado
Classe-1	<i>Tags</i> Passivas WORM (<i>Write-Once, Read-Many</i>) (escreve uma vez, lê muitos)	Programado apenas uma vez pelo utilizador
Classe-2	<i>Tags</i> Passivas, regraváveis	Programado apenas uma vez pelo utilizador
Classe-3	<i>Tags</i> Semi-Passivas, que possuem uma bateria e possibilidade de aplicação de sensores incorporados	Reprogramável
Classe-4	<i>Tags</i> Ativas, têm bateria e emissor, o que desta forma lhe permite iniciar as comunicações, podendo comunicar com outras <i>tags</i> ou leitores	Reprogramável
Classe-5	Igual à Classe-4, mas com uma função adicional. Pode fornecer energia a outras <i>tags</i> e comunicar com outros tipos de aparelhos que não leitores ou <i>tags</i> .	Reprogramável

3.3.4. FATOR FORMA

O fator forma de uma *tag* refere-se à sua forma, tamanho, embalagem e características de manuseamento. As *tags* ativas, por terem uma bateria incorporada, são normalmente maiores e mais pesados que as *tags* passivas. Normalmente, assim que se vai adicionando funcionalidades a uma *tag*, vai se aumentando o seu tamanho e peso, e consequentemente aumenta-se o seu preço e a energia necessária ao seu funcionamento. Um exemplo disso são os sensores ambientais (Karygiannis, T., et al., 2007).

3.3.5. FUNCIONALIDADE

3.3.5.1. Memória

A memória não volátil é uma memória que não perde os dados depois de o sistema ser desligado, ou seja, permite que os dados armazenados na *tag* sejam mais tarde recuperados. Esta memória pode ser do tipo que apenas permite ser gravada uma vez, denominada de memória *write once, read many* (WORM) (escreve uma vez, lê muitos), ou do tipo regravável.

Este tipo de memória proporciona maior flexibilidade no projeto do sistema RFID, porque a transação de dados pode ocorrer sem acesso simultâneo a dados armazenados no *enterprise subsystem*. Contudo, acrescentar memória à *tag*, aumenta o seu custo e as necessidades de energia.

A Memória volátil auxilia a programação de *tags*, mas não retém os dados depois de se desligar o sistema (Karygiannis, T., et al., 2007).

3.3.5.2. Sensores Ambientais

Com a aplicação de sensores em *tags* é possível registrar uma série de fenómenos na memória da mesma, tais como, temperatura, humidade, vibração, pressão, entre outros, que mais tarde podem ser recuperados pelo leitor. Esta memória traz inúmeros benefícios, como por exemplo, o armazenamento de uma série de registos sobre fenómenos ambientais. A integração de sensores aumenta significativamente o preço e a complexidade das *tags* pois, na maior parte das operações com *tags*, estas podem ser alimentadas através da energia eletromagnética proveniente do leitor. Mas, no que diz respeito ao uso de sensores, já não é esse o caso, pois os mesmos devem depender da energia proveniente de uma bateria. Uma vez que a utilização de sensores em *tags* tem um acréscimo significativo no seu preço, estes apenas são utilizados em ambientes sensíveis ou em objetos de valor significativo ou em que se justifique este custo adicional (Karygiannis, T., et al., 2007).

3.3.5.3. Segurança

Existem diversos tipos de segurança para proteger os dados armazenados na memória da *tag*. Algumas *tags* possuem um comando de bloqueio, denominado de *lock command*, que, dependendo da sua implementação, pode bloquear as modificações na memória da *tag* ou bloquear o acesso aos dados armazenados na mesma. O comando de bloqueio pode ser permanente ou, em alguns casos, o leitor pode fazer o seu desbloqueio (Karygiannis, T., et al., 2007).

3.3.5.4. Mecanismos de proteção privada:

Algumas *tags* possuem um recurso chamado de *kill command* (comando para matar) que desativa permanentemente a *tag*. Enquanto o comando de bloqueio tem como objetivo oferecer segurança, o *kill command* visa garantir a privacidade pessoal. Este, ao contrário do comando de bloqueio, é irreversível. Impede o acesso *wireless* ao identificador da *tag* e também a qualquer memória que possa estar na *tag*. As *tags* podem ser usadas para localizar indivíduos que transportem artigos etiquetados por uma *tag*, quando estas já não estão a ser usadas para esse fim. A capacidade de desativar a *tag* com o *kill command* permite ao mecanismo impedir acessos não autorizados e o uso ilegítimo de informação do produto armazenado (Karygiannis, T., et al., 2007).

3.3.6. FREQUÊNCIAS DE OPERAÇÃO

Um sistema RFID opera em diversas gamas de frequências e dependendo da frequência utilizada, estas são usadas para diferentes aplicações. Sendo estas:

Baixa Frequência (LF) : Esta gama encontra-se entre os 9kHz e os 135kHz. Os sistemas de LF possuem um pequeno alcance de leitura, mas em contrapartida, possuem a habilidade de atravessar objetos abundantes em água como por exemplo os animais ou seres humanos.

Alta Frequência (HF) : Esta gama encontra-se na frequência 13,56MHz. Os sistemas de HF têm a capacidade de ler objetos até aproximadamente um metro e meio de distância.

Muito Alta Frequência (UHF) : Esta gama encontra-se entre os 300MHz e os 1,2GHz. Os sistemas de UHF não conseguem atravessar objetos constituídos por água, nem metais, mas por outro lado, conseguem obter velocidades de transmissão elevadas.

Micro-ondas: Esta gama encontra-se entre os 2.45GHz e os 5.8GHz. Os sistemas micro-ondas apresentam uma elevada velocidade de transmissão e têm uma forte capacidade de resistência a campos eletromagnéticos.

A RF a que a *tag* transmite e recebe sinais tem influência em quatro fatores, sendo estes:

- Desempenho;
- A facilidade com que o sinal da *tag* atravessa materiais;
- Possibilidade de interferências rádio;
- Mobilidade internacional das *tags* (Karygiannis, T., et al., 2007; Rei, J., 2010).

3.3.6.1. Desempenho

O desempenho da *tag* inclui as seguintes características: alcance da operação, velocidade de leituras das *tags* e taxa de transferência dos dados. A capacidade de transporte de dados através do sinal está geralmente associada à frequência de operação, pois, quanto maior for a frequência de operação utilizada, maior é a capacidade do sinal de transportar mais dados. Desta forma, os leitores de maior frequência, são capazes de ler mais *tags* num determinado período de tempo. Também os sistemas RFID que operam em frequências mais altas, têm maior alcance de operação (Karygiannis, T., et al., 2007; Rei, J., 2010).

3.3.6.2. Facilidade com que o sinal da *tag* atravessa materiais

Normalmente, quanto mais altas forem as frequências, menos capazes são de atravessar materiais, como metal ou líquidos, sendo que as baixas frequências apresentam uma maior facilidade para o fazer. Dependendo da aplicação, a capacidade de penetração de uma frequência pode ser uma vantagem ou um problema, sendo necessário uma avaliação primária onde o sistema vai ser implementado, de forma à sua utilização ser a desejada. Por exemplo, em aplicações em que a segurança é uma questão importante, pode se querer usar um tipo de frequência, que possa ser bloqueada por um determinado material, para que o sinal não chegue a locais indesejados (Karygiannis, T., et al., 2007; Rei, J., 2010).

3.3.6.3. Possibilidade de interferências rádio

A interferência rádio é outra razão porque um sinal emitido pode não ser corretamente recebido. Quando existe mais do que um sistema a operar na mesma banda ou numa banda de frequência próxima, podem acontecer interferências e, muitas vezes, estas acontecem por se utilizar leitores de grande potência ou por se colocar muitos leitores a operar juntos (Karygiannis, T., et al., 2007; Rei, J., 2010).

3.3.6.4. Mobilidade internacional das *tags*

As empresas, que usam ou planeiam usar tecnologia RFID internacionalmente, devem acompanhar a evolução da sua regulamentação nas diferentes jurisdições. Os sistemas das *tags* que usam várias frações do espectro eletromagnético podem diferir de jurisdição para jurisdição porque, nem em

todas, a regulamentação atribui as mesmas frequências para os mesmos propósitos. Se uma aplicação RFID necessitar de ser transportada para múltiplas jurisdições, o sistema tem de usar a faixa de frequência permitida em todas. Como a regulamentação referente à RFID tem registado muitas alterações há bandas de frequências como LF, HF, UHF, que são permitidas na maioria das jurisdições (Karygiannis, T., et al., 2007; Rei, J., 2010).

Tabela 4 – Impacto de certos materiais na transmissão RF (Karygiannis, T., et al., 2007).

	LF 30-300 kHz (quilo-hertz)	HF 3-30 MHz	UHF 300 MHz – 1 GHz	Microondas > 1 GHz
Materiais	125 ou 134 kHz (uso comum do RFID nos EUA)	13.56 MHz (Banda ISM (industrial, científico e médico) usada em todo mundo)	433.5-434.5 915 MHz (uso comum do RFID nos EUA)	2.45 GHz (Banda ISM usada em todo mundo)
Roupas	Transparente	Transparente	Transparente	Transparente
Madeira seca	Transparente	Transparente	Transparente	Absorvente
Grafite	Transparente	Transparente	Opaco	Opaco
Metais	Transparente	Transparente	Opaco	Opaco
Óleo de motor	Transparente	Transparente	Transparente	Transparente
Produtos de papel	Transparente	Transparente	Transparente	Transparente
Plásticos	Transparente	Transparente	Transparente	Transparente
Água	Transparente	Transparente	Absorvente	Absorvente
Madeira molhada	Transparente	Transparente	Absorvente	Absorvente

Tabela 5 – Fontes comuns de interferência em RF (Karygiannis, T., et al., 2007)

Alcance da Frequência	Aplicações RFID	Possíveis Fontes de Interferência nos EUA
Inferior a 500 kHz	Controlo de acesso, marcação animal, imobilizadores de automóveis, sistemas EAS, control de inventário e aplicações de localização e rastreamento.	Rádio marítima e aplicações de navegação rádio
1.95 MHz – 8.2 MHz	Sistemas EAS	Rádio aeronáutica, amador, móvel terrestre, rádio móvel marítimo e aplicações de localização de rádio
13.553 – 13.567 MHz	Controlo de acesso, marcação de itens, sistemas EAS e aplicações de cartões inteligentes	Aplicações ISM e rádio móvel terrestre privada
433.5 – 434.5 MHz	Aplicações de localização de itens em movimento e de cadeias de logística	Rádio Amador e aplicações de localização de rádio
902 – 928 MHz	Aplicações ferroviárias, rodoviárias e de cadeias de logística	Aplicações ISM, incluindo telefones sem fio e localização de rádio
2.40 – 2.50 GHz	Aplicações de RTLS e de cadeias de logística	Aplicações ISM, incluindo <i>bluetooth</i> , telefones sem fio, e Wi-Fi tal como localização rádio, e tecnologia de satélites

3.4. COMUNICAÇÃO TAG-LEITOR

A comunicação *tag*-leitor é conseguida devido ao uso de um protocolo de comunicação comum entre a *tag* e o leitor. Estes protocolos são, muitas vezes, especificados nas normas RFID (*RFID standards*).

Os leitores e as *tags* podem iniciar as transações RF de duas formas, o Leitor Fala Primeiro, *Reader Talks First* (RTF) e a *Tag* Fala Primeiro, *Tag Talks First* (TTF).

Nas **transações RTF**, o leitor transmite um sinal que é recebido pelas *tags* na sua proximidade. Esses *tags* podem ser comandados para responder ao leitor e para continuar transações com o mesmo.

Nas **transações TTF**, a *tag* comunica a sua presença ao leitor quando esta se encontra no campo da RF do mesmo.

Se a *tag* for passiva, comunica assim que recebe energia do sinal do leitor. No caso da *tag* ser ativa, transmite um sinal periodicamente enquanto tiver bateria. Leitores e *tags*, num sistema RFID, utilizam apenas transações RTF ou apenas TTF, não usando os dois tipos. Operações TTF das *tags* ativas podem ser facilmente detetadas ou intercetadas porque as *tags* ativas enviam sinais (sinais *beacon*) mesmo quando não estão na presença de um leitor. Sendo assim, estas comunicações podem ser detetadas por um intruso sem que este corra o risco de ser detetado, porque nas transações TTF, o possível intruso nunca tem de enviar um sinal para verificar a presença da *tag* (Karygiannis, T., et al., 2007).

3.5. ENTERPRISE SUBSYSTEM

O *enterprise subsystem* faz a ligação entre os leitores e os computadores, que correm *softwares*, que podem armazenar, processar e analisar dados adquiridos das transações do *RF subsystem*, para os tornar úteis para o utilizador. Alguns sistemas mais simples da RFID consistem apenas em um *RF subsystem* (*tag* e leitor). Contudo, a maior parte dos sistemas RFID são compostos pelo *RF subsystem* e pelo *enterprise subsystem* (Karygiannis, T., et al., 2007; Rei, J., 2010).

O *enterprise subsystem* consiste em três componentes, que são:

- *Middleware*;
- *Analytic systems*;
- Infraestrutura da rede.

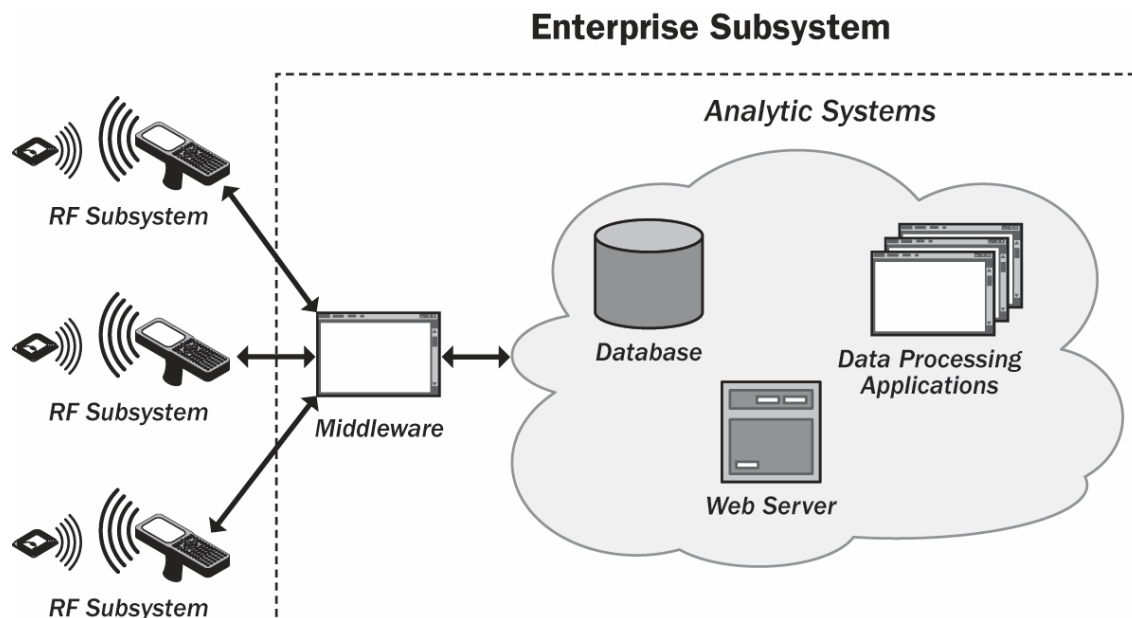


Fig. 6 – RF Subsystem e Enterprise Subsystem (Karygiannis, T., et al., 2007)

3.5.1. MIDDLEWARE

É da responsabilidade do *middleware* da RFID preparar os dados recolhidos pelos leitores no *RF subsystem* e enviar esses mesmo dados para o *analytic system*, de forma a estes poderem ser utilizados pelo utilizador. É no *middleware* que se esconde a complexidade das comunicações *wireless*, permitindo assim, que os utilizadores do sistema RFID se foquem apenas nos seus objetivos e não nas dificuldades das comunicações *wireless* entre o *RF subsystem* e o *analytic system*.

Por exemplo, o *middleware* filtra informações duplicadas, incompletas e erradas que recebe do leitor. Esta filtragem é especialmente útil para aplicações em que existe um grande número de *tags* próximas umas das outras e para ambientes onde existe uma difícil comunicação entre a *tag* e o leitor, como por exemplo, ambientes que contêm materiais refletivos (Karygiannis, T., et al., 2007).

3.5.2. ANALYTIC SYSTEMS

O *analytic system* é responsável por guardar e processar a informação recebida pelo *middleware*, de forma a disponibilizá-la para os seus utilizadores. É também responsável pela comunicação entre o leitor e o *tag*, porque é a partir deste que a base de dados do *analytic system* fornece ao *middleware* as informações necessárias, de forma a que a comunicação *tag*-leitor aconteça.

Os *analytic systems* são compostos por bases de dados, aplicações de processamento de dados e servidores *web*, que processam os dados que saem do *middleware*.

Os *analytic systems* que fazem parte da rede *EPCglobal* e do processamento de dados em *tags*, e que respeitem as normas *EPCglobal* são chamados *EPC information Services* (EPCIS) (Karygiannis, T., et al., 2007; Rei, J., 2010).

3.5.3. INFRAESTRUTURA DA REDE

A infraestrutura da rede permite as comunicações entre o *RF subsystem* e o *enterprise subsystem*, bem como entre os componentes do *enterprise subsystem*.

Algumas das características importantes da infraestrutura da rede são a constituição lógica e física da rede e os protocolos de comunicação (Karygiannis, T., et al., 2007).

4

APLICAÇÕES DA RFID NAS OBRAS

A tecnologia RFID está a ser utilizada, com sucesso, em aplicações na indústria da construção. Uma vez que neste setor se registam baixas condições de segurança e de produtividade, esta tecnologia surge com o objetivo de minimizar estes dois grandes problemas (Domdouzis, K., et al., 2006).

A indústria da construção possui uma taxa de acidentes fatais maior do que qualquer outra indústria na maioria dos países. De forma a ser possível reduzir o número de sinistros, grandes esforços têm sido feitos no que diz respeito à segurança na construção, através do uso da tecnologia RFID e do uso da mesma combinada com outras tecnologias (como por exemplo o Sistema de Posicionamento Global, *Global Positioning System* (GPS)) (Wu, W., et al., 2009).

Uma das razões para os baixos níveis de segurança e de produtividade prende-se com o elevado número de recursos que existe numa construção, tais como, pessoas, equipamentos e materiais. Assim, surgiu a necessidade de os localizar e rastrear com o objetivo de evitar colisões entre eles, de fazer o controlo de entrada/receção e saída/expedição, de evitar perdas e de conseguir obter a localização exata ou parcial dos recursos. Sendo possível, desta forma, aumentar a segurança e a produtividade no setor (Teizer, J., et al., 2010).

Neste mesmo capítulo, irão ser expostos alguns exemplos de aplicações da RFID nas obras.

4.1. RASTREAMENTO DE PESSOAS

Durante as construções da *University of California, San Francisco* (UCSF) *Medical Center* em *Mission Bay* foi utilizado o sistema RFID, permitindo ao empreiteiro controlar de uma forma automatizada, as entradas e saídas dos trabalhadores, aumentando assim, o controlo e a segurança na obra.

Com a utilização deste sistema é possível garantir que, durante uma emergência, se tenha a informação sobre os trabalhadores que evacuaram ou não a obra. Ao mesmo tempo é possível impedir o acesso a pessoas não autorizadas à mesma e controlar o acesso dos trabalhadores a locais já limpos ou concluídos, ou seja, onde não está previsto a entrada de qualquer trabalhador.

Durante esta construção, a *DPR Construction* utilizou um leitor UHF e cartões de identificação, com *tags* embutidas no mesmo. Cada cartão identificador possui uma *tag* passiva, *EPC Gen 2* UHF, e está codificado com um número de identificação, ao qual estão associados os detalhes do trabalhador (nome, formação, morada, e o empregador), que constam do *software* de gestão de dados do *Trimble-ThinkMagic* (fornecedor do sistema RFID).

Com este sistema a *DPR contruction* conseguiu garantir que apenas pessoal autorizado tivesse acesso a determinadas zonas, com base na sua formação, pois a maioria dos trabalhadores que se encontram na obra não são empregados da *DPR Construction*, mas sim subcontratados, como por exemplo, eletricitistas, especialistas de AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado) e canalizadores.

Este sistema não tem como objetivo determinar a localização exata de um trabalhador, não tendo, também, a capacidade de o fazer. O mesmo foi projetado para automatizar o armazenamento de dados para melhorias operacionais e reduzir os custos onde for possível.

No passado, eram contratados indivíduos com a função de verificar se se encontravam pessoas não autorizadas em áreas indevidas, para controlar as zonas de entradas, contar os trabalhadores de forma manual (papel e caneta) e para confirmar se estes estavam autorizados a entrar num determinado local. Com aquele sistema, este método manual deixa de ser necessário, registando-se assim, como mencionado em cima, as melhorias operacionais e a redução de custos.

Para entrar nas instalações todos os trabalhadores necessitam de passar no torniquete, que tem incorporado um leitor (leitor *ThingMagic Mercury6* RFID) e precisa de apresentar o seu cartão de identificação (*tag*) ao leitor. Desta forma, o leitor capta a informação contida na *tag* e envia-a para o servidor através de uma ligação de rede por cabo. O servidor verifica a informação e aprova ou não a entrada dessa pessoa na obra.



Fig. 7 – Sistema de rastreamento de pessoal (Swedberg, C., 2013)

Os leitores usados possuem um pequeno alcance, de forma a que estes apenas leiam as *tags* que lhes sejam encostadas, para evitar a leitura de *tags* de outros trabalhadores que se encontrem perto do leitor.

Dentro da obra também se faz o rastreio dos cartões de identificação através de leitores que possuem antenas colocadas no teto. Assim, quando o trabalhador passar pelo leitor, é capturada a informação contida no seu cartão de identificação e o *software* da *Trimbel ThingMagic* regista a passagem dele nesse leitor, permitindo o controlo de acesso de pessoas não autorizadas a determinados locais na obra, enviando um *email* automático de alerta para os responsáveis.

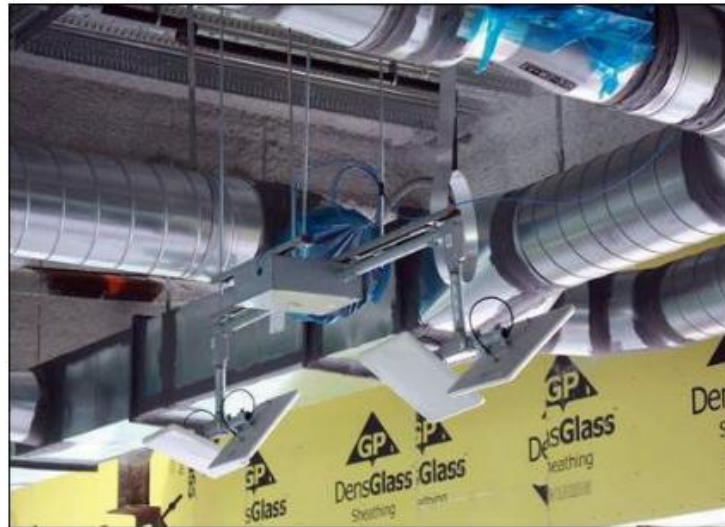


Fig. 8 – Leitores e antenas no teto (Swedberg, C., 2013)

Com a aplicação do sistema RFID nos torniquetes de entrada da obra, a empresa tem a garantia de que todos os trabalhadores têm consigo o seu cartão de identificação. Após a passagem dos torniquetes de entrada, deixa de haver a necessidade do trabalhador apresentar o cartão de identificação aos leitores, uma vez que estes captam automaticamente os dados contidos no cartão de identificação à distância. Em caso de um trabalhador se encontrar numa situação de emergência, a *DRP Construction* consegue saber em que zona aquele se encontra (Swedberg, C., 2013).

4.2. RASTREAMENTO DE PESSOAS

Em mais de 30 construções nos Estados Unidos, empreiteiros e construtores estão a utilizar uma solução RFID fornecida pela *ADR software*. Esta solução permite fazer o rastreamento do número de trabalhadores que entram e saem das obras, assim como a sua identificação. Para fazer este rastreamento, o sistema *Workforce Monitor* da *ADR software* utiliza *tags* e leitores em formato de portal, que lê as *tags* passivas EPC Gen 2 UHF, anexado aos capacetes dos trabalhadores.

A aplicação do *software Workforce Monitor* da *ADR software* processa os dados dos leitores relativos à passagem de indivíduos pelos portais (leitores), fornecendo ao utilizador detalhes como o número de empreiteiros e funcionários que têm na obra, o número de trabalhadores na obra, se estes têm a formação ou a certificação necessária, os seus códigos postais e o contacto dos mesmos. Permitindo desta forma, que o responsável saiba quantos postos de trabalho foram criados para este projeto. Esta solução também permite obter a informação sobre que trabalhadores foram para baixo do solo, por exemplo em trincheiras ou túneis que estejam a ser cavados, para, no caso de emergência, o responsável saber, em tempo real, quem se encontra nessa situação.



Fig. 9 – Leitor RFID (portal) (Swedberg, C., 2011)

Na obra do *Hotel Washington Marriott Marquis*, localizado em Washington, o sistema esteve em operação cerca de dois meses e foi projetado para ser fácil de instalar e usar, permitindo a sua ativação durante o período da construção e a sua remoção após o seu término. Esta solução permite que o utilizador tenha acesso aos dados num painel de controlo personalizado da *Workforce Monitor*, localizado no servidor da *ADR software*.

Com o sistema montado, cada trabalhador está munido de uma *tag Alien Technology Squiggle*, aplicada na frente do capacete (seja pelo interior ou exterior). O número de identificação da *tag* está associado ao nome do trabalhador, à morada e ao contacto do mesmo, assim como o seu empregador e o seu histórico de experiência. (tem associado o nome, morada e contacto telefónico do trabalhador, bem como o seu empregador e histórico de experiência).



Fig. 10 – Tags colocadas nos capacetes de proteção pessoal (Swedberg, C., 2011)

A *ADR software* instalou portais (leitores) na entrada e saída da obra (que normalmente são o mesmo local). Cada portal possui leitores de quatro portas *Alien ALR-9900* + e quatro antenas

RFID polarizadas da *Laird Technologies*, um em cada lado do portal, para, desta forma, captar a sequência da leitura da *tag*, informando o *software* se a *tag* está a entrar ou a sair da obra.

Sem este sistema, as empresas tinham a necessidade de recorrer ao registo manual ou limitavam-se a confiar na informação da empresa subcontratada sobre estes aspetos.

Contudo, utilizando esta tecnologia RFID, é possível saber exatamente quem está na obra, não apenas para benefícios da segurança, mas também para ajudar o empreiteiro ou o dono de obra a verificar a faturação das empresas subcontratadas e também para prever possíveis atrasos na construção. Por exemplo, se o projeto requer 12 trabalhadores, por dia, de uma determinada empresa subcontratada e apenas entram 8, então, é de esperar um atraso.

Cada leitor *Alien ALR-9900* está ligado a um PC que corre a aplicação *Workforce Monitor* e comunica com o servidor. Quando um indivíduo entra na obra, o seu número de identificação é registado no *software Workforce Monitor* com o estado que refere que o mesmo se encontra no seu interior. Se o trabalhador sai da obra através do portal, o *software* determina que o indivíduo se esta a movimentar para fora da obra e atualiza o seu estado.

Um dos problemas deste sistema está relacionado com o facto dos trabalhadores entrarem e saírem da obra pelo local de saída para veículos em vez de o fazerem pelos portais. A fim de garantir a entrada e saída pelo local correto, muitas vezes, é necessário colocar um trabalhador nessa zona, para redirecionar os trabalhadores para os portais.

Ao contrário do primeiro caso apresentado, com este sistema, os trabalhadores não necessitam de andar munidos de um cartão de identificação, uma vez que a *tag* se encontra no capacete dos mesmos. Desta forma, os trabalhadores para entrarem na obra são obrigados a entrarem, não com o cartão de identificação, como no primeiro caso, mas sim com o seu capacete de proteção. Uma outra vantagem, é facto de, neste sistema, não existir a perda de tempo nos torniquetes, uma vez que os trabalhadores são identificados passando pelos portais, não havendo a necessidade de paragem (Swedberg, C., 2011).

4.3. RASTREAMENTO DE MATERIAIS

A *Germany's University of Wuppertal* desenvolveu um *hardware* e *software* que permite obter a informação, ao minuto, sobre os materiais, ferramentas e pessoas que entram e saem da obra.

Nas obras existe uma enorme variedade de atividades, com veículos a entrar com materiais, trabalhadores a entrar e a sair, e com ferramentas a serem largadas e apanhadas, consoante sejam necessárias na execução dos trabalhos. Coordenar todas estas atividades é difícil e consome imenso tempo, mas a *Construction Management and Industry Department* da *Germany's University of Wuppertal* acredita que um sistema RFID pode ajudar.

Investigadores combinaram aplicações RFID num “centro de controlo” projetado para monitorizar e documentar as entradas e saídas de pessoas e de materiais na obra. O centro de controlo combina *hardware* e *software* RFID e sistemas informáticos relacionados, dentro de um contentor, projetado para estar na entrada e saída da obra.

Com o uso de *tags* passivas em pessoas, ferramentas e materiais, é possível determinar quando estes entram e saem da obra. O centro de controlo também inclui uma aplicação RFID para assegurar que os trabalhadores estão a usar os equipamentos de segurança necessários.

Um centro de controlo totalmente equipado pode ser usado para quatro aplicações RFID de rastreamento de pessoas, assim como, para duas de rastreamento de bens. As aplicações de rastreamento de pessoas incluem sistemas de controlo de acesso à obra e às áreas restritas dentro desta, sistemas para rastrear as horas de trabalho dos trabalhadores e outros para garantir que os trabalhadores possuem os devidos equipamentos de segurança. O centro de controlo monitoriza o fornecimento de materiais à obra, pelo registo da chegada e saída dos camiões, e também faz o rastreamento das ferramentas que os trabalhadores levam para a obra.

Os responsáveis pela obra têm que supervisionar dezenas, ou até mesmo centenas, de trabalhadores numa obra em cada dia. Com este sistema, este problema deixa de existir. Com o centro de controlo, os trabalhadores têm que apresentar o seu cartão RFID e as suas impressões digitais têm que ser lidas, para que o torniquete, dentro do contentor do centro de controlo, se abra para este entrar na obra.

Devido a um grande número de trabalhadores ilegais na construção foi instalado um leitor de impressões digitais, pois é importante ter a certeza de que o cartão de identificação pertence ao trabalhador em questão. A partir do momento em que o trabalhador é identificado, o torniquete abre e o sistema começa a contar o tempo despendido por esse trabalhador na obra. A informação do tempo que os trabalhadores passam na obra pode ser usada para calcular o seu pagamento.

Este sistema também é muito útil em caso de ocorrência de um acidente. Os dados registados pelo sistema RFID mostram imediatamente, ao responsável pela obra, quais os trabalhadores que se encontram na obra. E, visto que o número de identificação na *tag* EPC Gen 2 está associado à descrição do trabalho desse indivíduo (como sendo um electricista ou um canalizador), pode-se deduzir o local onde este se encontra na obra.

Através deste sistema também é possível monitorizar o uso dos equipamentos de proteção. Enquanto os trabalhadores estão a ser identificados pelo cartão e pelas impressões digitais, o leitor montado perto do torniquete verifica se o trabalhador está equipado com os equipamentos de proteção necessários. O sistema consegue verificar esta informação comparando o equipamento utilizado pelo utilizador com a informação registada numa base de dados que faz referencia ao tipo de equipamento de proteção que cada trabalhador deve usar.

Cada torniquete tem um leitor UHF da *FEIG Electronics* com três antenas. Uma antena lê a *tag* dentro do capacete do trabalhador e as outras duas, da mesma forma que esta, mas em posições que facilitem a respetiva leitura, uma à altura do tronco do trabalhador e outra perto do chão, leem as *tags* no colete e nas botas, respetivamente.

Os responsáveis pela obra podem colocar outros leitores, com o sistema de torniquetes, em lugares estratégicos, como entradas de escritórios ou entradas de zonas perigosas, para apenas permitir que trabalhadores autorizados entrem nessas zonas.

O centro de controlo também foi testado para rastrear a chegada e a saída de bens, com *tags*, recorrendo ao uso de leitores móveis.

Os responsáveis pela obra e os subcontratados têm dificuldades em manter os seus inventários corretos sobre os materiais existentes na obra. Se todos os itens estivessem com uma *tag*, um leitor na entrada da obra podia rastrear facilmente, a entrada de todas as ferramentas e materiais na mesma.

O sistema inclui um *software* de logística de materiais, acessível através de um portal *web*, que foi projetado para que os fornecedores pudessem produzir as suas próprias *tags* e anexá-las aos materiais, caso estes possuam uma impressora de *tags*. Assim, quando um motorista chega à obra

com mercadoria e com um aviso de entrega, com uma *tag*, esta é lida recorrendo ao uso de um leitor, e o motorista é então autorizado a entrar na obra.

Utilizando este sistema, os responsáveis da obra têm uma listagem atualizada sobre os seus bens, o que ajuda a reduzir significativamente a quantidade de materiais e equipamentos que são perdidos, extraviados ou tomados por engano, por outra empresa subcontratada que também trabalha na obra. Combinando as informações das ferramentas com a identificação dos trabalhadores, é possível saber que trabalhador usou que ferramenta (Wessel, R., 2010).

4.4. SISTEMAS DE AVISO DE PROXIMIDADE

As obras são caracterizadas pela quantidade de recursos como pessoas, equipamentos e materiais que estão envolvidos em tarefas ao mesmo tempo. Estes recursos, quando em movimento, podem aproximar-se demasiado uns dos outros e originar acidentes. Devido ao elevado tráfego dos mesmos e, uma vez que não existe um caminho definido e obrigatório, isto pode levar a um congestionamento. Se os movimentos dos recursos não forem coordenados, podem ocorrer colisões entre os mesmos, ameaçando a segurança e a saúde dos trabalhadores.

Assim, com o objetivo de minimizar os danos relativos à segurança dos trabalhadores, é necessário o uso do equipamento de proteção pessoal (EPP), tais como, capacete, botas, óculos, coletes refletivos, luvas, proteções dos ouvidos, etc. Estes equipamentos são apenas equipamentos de proteção passiva, pois não previnem o acidente de acontecer, apenas atenuam as suas consequências.

Ter trabalhadores a operar perto de equipamentos é um dos maiores problemas de segurança nas obras. A falta de consciência e concentração, devido ao cansaço e às tarefas repetitivas e os “pontos cegos”, constituem perigos que podem levar a colisões entre pessoas e equipamentos. Para evitar que trabalhadores ou materiais não sejam detetados é necessário instalar um sistema de aviso, de forma a que este possa alertar atempadamente os trabalhadores e os operadores dos equipamentos. Tratam-se de equipamentos de segurança pró-ativa, pois geram, de uma forma ativa e automática, um aviso ao trabalhador e ao operador do equipamento de que estão próximos um do outro.

O sistema pró-ativo de aviso de proximidade utilizado usa a tecnologia RFID. A tecnologia de RF selecionada é autónoma e uma vez instalada, em trabalhadores ou equipamentos, não necessita de *hardware* adicional ou de infraestruturas de processamento. A tecnologia usa um espectro de RF para detetar se sinais da mesma natureza se intercetam. Uma vez satisfeita a intensidade do sinal, um aviso ou alerta de segurança é emitido, em tempo real, para cada um dos recursos que estão dentro da distância de proximidade definida. Desta forma, quando dois recursos estão demasiado próximos, é emitido um sinal de alerta para cada um. Este sinal, toma uma forma visual, acústica e vibratória, de forma a alertar tanto os trabalhadores que trabalham no chão como os trabalhadores dos equipamentos, de forma conveniente.

Este sistema RFID usa uma *tag* ativa de UHF, que opera perto dos 700MHz. É constituído por um dispositivo em cabine (*in-cab*) e um dispositivo portátil. O dispositivo em cabine contém um leitor, uma antena e um alarme e é chamado de Unidade de Proteção de Equipamento (UPE). O dispositivo móvel contém um *chip*, uma bateria e um alarme, e é chamado de Unidade de Proteção Pessoal (UPP). O UPE envia um sinal da antena que perde força à medida que se afasta. Cada equipamento possui uma força de sinal adequado ao mesmo. Quando o UPP interceta o sinal, este automaticamente devolve o sinal para que ambos os alarmes sejam ativados. A operação de enviar e receber informação é instantânea e todo o processo ocorre em tempo real.



Fig. 11 – UPP e UPE (Teizer, J., et al., 2010)

Este sistema é prático e resistente, ou seja, a caixa resiste às condições meteorológicas do dia a dia que se presenciam nas obras. Os aparelhos são carregados com pilhas convencionais AA e duram pelo menos dois meses, dependendo da frequência da emissão de alertas. O alarme que soa quando UPE e UPP estão a uma distância em que é necessária atenção de ambos, é um som diferente de qualquer outro na obra, para que seja devidamente reconhecido. O UPP também tem um alarme vibratório para que os trabalhadores possam ser notificados mesmo que estejam a usar auscultadores ou a trabalhar em zonas com muito ruído. Pelas mesmas razões, o UPE também tem um alarme visual e audível. O UPP pode ser usado no cinto ou à volta do braço, com uma braçadeira, e o UPE é um aparelho compacto que cabe na cabine do veículo sem causar obstrução visual ou mecânica.

Neste caso, ficou provado que este sistema RFID é eficaz, no que diz respeito às questões de segurança, num ambiente de construção, e que as correntes práticas de segurança não são suficientes para evitar acidentes de colisão. Permite-nos ainda comprovar que o problema com os pontos cegos pode ser facilmente resolvido com a implementação desta tecnologia.

A mesma foi testada com sucesso em ambiente de construção e em diversos equipamentos, tais como, pá carregadora, grua, *scraper*, escavadora, motoniveladora, entre outros. O UPE e o UPP foram ambos eficazes em alertar trabalhadores do perigo, através de avisos visuais, sonoros e de vibração (Teizer, J., et al., 2010).

4.5. RASTREAMENTO E LOCALIZAÇÃO DE PESSOAS

Este caso fala de um sistema RFID que ajuda a localizar e comunicar com os trabalhadores enquanto os mesmos estão nas escavações das montanhas no noroeste de Espanha.

As empresas de construção espanholas *Fomento de Construcciones y Contratas (FCC)* e *ACCIONA* estão a escavar um par de túneis para caminhos de ferro perto da cidade de Vigo, na Galiza. Os túneis vão expandir o *North-Northwest Railway Corridor*, que faz a ligação entre a Galiza e Madrid, para as linhas ferroviárias do estado (ADIF).

Dentro dos túneis existem várias situações de perigo, tais como, equipamentos pesados, iluminação fraca e explosões frequentes para abrir a galeria do túnel. Assim, para se fazer o rastreamento das centenas de trabalhadores que se encontram no túnel, as empresas procuraram uma tecnologia que os permitisse saber onde estavam os trabalhadores à medida que estes atravessavam as montanhas,

perfurando-as, e que permitisse que os trabalhadores pudessem, em caso de emergência, enviar um alerta de socorro.

O sistema implementado utiliza *wifi access points* e distintivos *Ekahau T301BD wifi-enabled* RFID com o qual os trabalhadores foram equipados. O distintivo possui uma *tag* ativa que emite e recebe transmissões RF na banda de 2,4GHz. Isto faz com que seja possível localizar um indivíduo que o possua, permitindo, também, que trabalhadores e responsáveis comuniquem entre si. O distintivo possui uma bateria recarregável e a *tag* emite um sinal com um número de identificação a um ritmo constante, podendo ainda enviar alertas de socorro e receber mensagens de texto.



Fig. 12 – Distintivo (Swedberg, C., 2009)

Os trabalhadores ao chegarem à obra precisam de levantar um distintivo e, quando o fazem, deixam o cartão de identificação da sua empresa (identificação e fotografia) no mesmo local de onde o distintivo foi retirado, onde consta o ID do distintivo. O cartão de identificação da empresa e o ID do distintivo não estão ligados eletronicamente, por isso, em caso de necessidade de comunicação por parte do trabalhador ou da empresa, ter-se-á que verificar a que trabalhador corresponde o ID do distintivo ou vice-versa.

Assim que o trabalhador entra no túnel os *wireless access points* começam a capturar o ID transmitido pelo distintivo. Os dados são enviados dos *access points* para o servidor da empresa, onde o *software Ekahaus's Positioning Engine* (EPE) determina a localização do distintivo, baseado na força do sinal emitido pelo mesmo. A administração tem acesso a um mapa dos túneis no computador, onde aparecem ícones que simbolizam a localização dos distintivos, ou seja, a localização dos trabalhadores.

Se um trabalhador puxar o distintivo enquanto este está preso à volta do seu pescoço, isto ativa um interruptor de segurança no topo do mesmo, que faz com que seja transmitido um alerta para os *access points*. O alerta é recebido pelo *software Ekahau's Vision* e pode encaminhar para telemóveis, *paggers* e outros distintivos. Os distintivos, para além de receberem mensagens dos responsáveis, também podem receber alertas de socorro de outros distintivos.

Por exemplo, se um responsável quiser avisar um trabalhador de que irá ocorrer uma detonação na sua vizinhança, ele pode enviar uma mensagem através do *software Vision*, que é recebida e

visualizada no ecrã frontal do distintivo do trabalhador. Para que este veja essa mensagem, o distintivo emite um sinal sonoro, assim como um *flash* para chamar a atenção do trabalhador. O *flash* é muito útil, dentro do túnel, devido à falta de luminosidade. O trabalhador pode enviar um aviso de leitura da mensagem, carregando num botão do distintivo próprio para o efeito. Em caso de emergência, dentro do túnel, o *software Ekahau's Vision* pode alertar o responsável com a última posição registada de cada trabalhador no túnel (Swedberg, C., 2009).

4.6. CONTROLO DE PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS

Neste caso, irá implementar-se o uso de um assistente pessoal digital, *personal digital assistants* (PDA) e de aplicações de RFID numa indústria de pré-fabricados de betão. Durante anos, a indústria tradicional de produção usou sistemas de códigos de barras para a gestão dos produtos completos, ainda que o uso deste sistema fosse inconveniente. O sistema de código de barras nem sempre é fácil de colocar em superfícies de determinados materiais ou realizar a leitura dos números sobre superfícies húmidas ou sujas, e o processo manual de registo e de identificação dos números torna o processo impossível de obter um *feedback* instantâneo.

Os problemas na indústria dos pré-fabricados refletem-se na fábrica ou na obra. Na fábrica, existe o problema do planeamento da produção, visto que, se for produzido cedo de mais, vai resultar em problemas de armazenamento e, se for produzido tarde de mais, pode provocar atrasos na obra. Para além disso, os componentes são muito difíceis de armazenar usando o método tradicional e o processo de os encontrar demora demasiado tempo. Na obra, a produção e o armazenamento dos componentes do betão pré-fabricado tem de se fazer de acordo com o planeamento. Para isso, é essencial saber que componente pertence a cada piso e a que parte da construção, não podendo fazer-se de forma instantânea, utilizando um método como o código de barras. Já recorrendo ao uso do PDA, associado à tecnologia RFID, é possível saber a situação atual da obra na fábrica, permitindo que a produção acompanhe o progresso da mesma. Depois da produção e armazenamento de cada componente é fácil localizar rapidamente o produto pretendido, usando as *tags*.

Os engenheiros da indústria dos pré-fabricados conduzem a maioria das suas atividades nas obras e, normalmente, fazem o registo da gestão da fábrica e das informações da inspeção, como, a quantidade de produção e de materiais, num bloco de notas, ou seja, os dados não são introduzidos num computador até que o engenheiro volte ao seu escritório. Isto faz com que haja uma lacuna de tempo, o que não só reduz a eficiência na gestão pelos engenheiros, como também aumenta o número de erros na introdução da informação. Quando os dados não são introduzidos, nem recuperados do sistema no momento necessário, a gestão pode ficar privada das oportunidades de tomadas de decisões, devido à falta de pontualidade e precisão da introdução dos dados. Através da utilização combinada da RFID e do PDA, a fábrica pode produzir componentes de betão pré-fabricado de acordo com o planeamento da construção. Depois da produção, a informação dos componentes do betão pré-fabricado, como a que piso pertencem e a informação do controlo de qualidade é colocada dentro da *tag*. Desta forma, quando existe a necessidade de transportar os componentes para a obra, a localização dos componentes pode ser facilmente descoberta através da leitura da *tag* no componente pré-fabricado com o auxílio do leitor, reduzindo assim o tempo de procura. A RFID também pode ser usado na obra para rapidamente se encontrar a localização de cada componente de betão pré-fabricado.

Para além disso, a utilização da tecnologia RFID e a transmissão dos dados via *wireless*, torna tudo muito mais prático e rápido, permitindo aumentar a velocidade do processamento das informações da indústria de pré-fabricação, a aquisição correta e instantânea das mesmas e a eficiência da gestão

A frequência RFID, usada neste sistema, foi 13,56MHz (HF). O leitor lê e escreve dados nas *tags* e transmite-os via *wireless* para a base de dados, para um ulterior processamento dos dados.

A *tag* é colocada no componente de betão após este estar acabado. Desta forma, é possível ler a informação de produção, utilizando os leitores, e escrever os resultados da qualidade da inspeção, o estado do inventário e da entrega, e o local de armazenamento.

As informações que requerem um processamento diário, como a gestão de qualidade, gestão de segurança e higiene, gestão de materiais e gestão de progresso e informação dos custos de gestão, são inseridos no PDA e, então, transmitidos via *wireless*, para serem armazenados numa base de dados de um servidor.

Durante o processo de produção, os engenheiros vão inspecionar se os produtos estão de acordo com os requisitos de qualidade. Se não estiverem, os resultados vão ser escritos nas *tags*. Se estiverem, o sistema vai conectar-se automaticamente ao sistema de compra de materiais de betão e ao sistema de inspeção de moldes dos componentes pré-fabricados, para preparar o vazamento e a moldagem do betão.

De forma a determinar-se a ordem de entrega de cada componente e o local de armazenamento na obra usa-se os leitores para ler as informações contidas nas *tags*. Também é possível localizar os produtos que estão pendentes, de acordo com o planeamento de cada dia. Para isso, da mesma forma, é necessário ler a informação contida na *tag*. Através da integração do PDA, com *internet wireless*, a informação dos componentes produzidos na fábrica, a cada dia, são transmitidos para uma base de dados.

Através do uso de *tags* e de leitores para recolher a informação e, então, transmitir a mesma para o escritório do responsável ou para o trabalhador na obra, recorre-se ao uso do PDA e da *internet wireless*. As informações transmitidas são a quantidade de produção, a quantidade de materiais, inspeções de controlo de qualidade e informações de gestão de inventário e transporte (Yin, S., et al., 2009).

4.7. LOCALIZAÇÃO DE MATERIAIS

O rastreamento automático de materiais, em projetos de construção, tem o potencial de melhorar o seu desempenho e os respetivos indicadores (progresso e produtividade do trabalho). Neste exemplo de aplicação, é apresentado um sistema RFID que automatiza a identificação e a localização de materiais numa obra. A leitura dos materiais, equipados com *tags*, é feita por responsáveis da obra ou por equipamentos portáteis que contêm um leitor e um recetor de GPS.

O rastreamento da localização exata dos materiais é normalmente considerado economicamente impossível, embora se tenha tornado tecnicamente mais viável com os recentes avanços nas tecnologias de automatização de armazenamento de dados (AAD). Neste caso, irão ser apresentadas aplicações da tecnologia RFID para automatizar o rastreamento de materiais e componentes em projetos de construção, bem como a tecnologia RFID, combinada com a tecnologia GPS, para determinar a localização de materiais, tendo como objetivo estender o uso da tecnologia RFID, de modo a efetuar o rastreamento exato dos movimentos e localização dos materiais numa obra e num estaleiro, a um custo inferior a um sistema puro de GPS.

O rastreamento preciso da localização dos materiais irá facilitar a medição, em tempo real, dos indicadores de desempenho do projeto, tais como o progresso do planeamento e a produtividade do trabalho.

Devido aos avanços recentes em tecnologias de armazenamento automático de dados, rastrear a localização de recursos de construção tornou-se tecnicamente viável. Por exemplo, o GPS pode ser usado para fazer um rastreamento preciso de trabalhadores e máquinas. Contudo, colocar *tags* em centenas de materiais, com um recetor GPS, seria extremamente caro, e exigiria ainda outros meios de identificação.

Rastrear a localização de materiais, em projetos de construção, pode melhorar o desempenho e permite a derivação dos indicadores de desempenho do projeto. Uma questão central no uso de tecnologias de armazenamento automático de dados, para automatizar o rastreamento dos materiais, é que as abordagens existentes implicam um elevado custo de implantação do sistema e requerem uma cuidadosa configuração e calibração do mesmo. Contudo, a combinação da tecnologia RFID com a tecnologia GPS oferece a oportunidade de implantar abundantemente *tags*, de baixo custo no local, com alguns leitores moveis, equipados com GPS, para formar um suporte principal de um sistema de rastreamento de materiais de construção.

O conceito proposto consiste em utilizar um responsável da obra, equipando-o com um leitor e um recetor de GPS, funcionando como um “*rover*”. Por exemplo, no seu percurso normal pela obra, a posição do responsável é sempre conhecida em qualquer instante, desde que o *rover* esteja equipado com o recetor de GPS, e, muitas leituras, podem ser geradas por apenas um único *rover* quando este se movimenta pela obra. Supondo que o *rover* gerou uma leitura com uma posição conhecida com coordenadas cartesianas (x,y). Se o leitor na posição (x1,y1) ler uma *tag* fixada numa localização desconhecida (x2,y2), então as comunicações RF existentes entre o leitor e a *tag*, contribuem para estimar a localização da *tag*.

Usando esta tecnologia, os materiais equipados com *tags*, podem ser automaticamente identificados e simultaneamente localizados no estaleiro e na obra (Song, J., et al., 2006).

4.8. GESTÃO DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Nesta aplicação de gestão de materiais utilizou-se a tecnologia RFID para fazer o controlo dos materiais e equipamentos na obra. Esta aplicação provém de uma proposta de um ex-aluno da Faculdade de Engenharia do Porto, do Mestrado Integrado em Engenharia Civil, que sugeriu a utilização da tecnologia RFID para fazer o controlo de materiais numa obra em África do Sul, no Centro Empresarial de Joesburg. O sistema visava melhorar a fidelidade da informação sobre a localização de objetos em tempo real e reduzir custos, sendo que o objetivo do trabalho seria medir a produtividade antes e depois da implementação das medidas, para assim tirar ilações acerca da influência na produtividade da aplicação destas práticas.

A gestão de materiais na construção continua a não ser um tema valorizado, apesar dos materiais e equipamentos representarem uma porção de 50 a 60% dos custos de uma obra e ter repercussões nos prazos, custos e recursos. Melhorando este sistema é possível diminuir custos e uma má gestão, pelo contrário, pode representar um aumento dos mesmos no decurso da obra.

Os materiais devem ser comprados na altura mais conveniente. No caso de serem comprados demasiado cedo, pode implicar empate do capital, despesas com juros e até deterioração dos materiais se estes não forem devidamente armazenados. Se forem comprados tardiamente, podem surgir atrasos e despesas, devido aos materiais não estarem disponíveis quando necessário.

Nesta aplicação para fazer o planeamento do estaleiro, dividiu-se o mesmo em três zonas e cada uma destas zonas tem características diferentes e designam-se da seguinte forma:

- Zona semi-permanente
- Zona de carga e descarga
- Área de trabalho

A zona semi-permanente é a zona onde são armazenados os materiais antes de serem usados e aí podem ficar armazenados o tempo necessário. Esta zona deve estar afastada o suficiente da construção de modo a que não dificulte os acessos e transportes. Todos os materiais que estão nesta zona, deverão estar identificados (recorrendo à tecnologia RFID) e colocados em cima de paletes (ou madeira) de forma a permitir um fácil acesso, transporte e também proteger da água e da lama.



Fig. 13 – Zona semi-permanente

A zona de carga e descarga deve ficar perto da construção sendo a partir desta zona que os materiais são transportados para a área de trabalho. Os materiais que não são armazenados (ou seja, não vão para a zona semi-permanente) e que, por sua vez, são descarregados diretamente para a área de trabalho, devem utilizar esta zona.



Fig. 14 – Zona de carga e descarga

A área de trabalho é a zona onde os trabalhos são executados. Para esta zona, apenas devem ir os materiais estritamente necessários, de modo a não serem acumulados materiais desnecessários para a tarefa em causa. Os resíduos que resultam dos trabalhos, devem ser mínimos e removidos quanto antes. Tanto a falta de limpeza como o excesso de materiais, nas zonas de trabalho, conduzem a uma diminuição da produtividade e podem vir a constituir um problema de segurança.

A área de gestão de materiais é continuamente explorada e estudada por grande parte das indústrias, enquanto na construção essa exploração é quase inexistente. As indústrias que estudam e exploram a gestão de materiais, concluíram que o armazenamento, a identificação, o transporte e os métodos de montagem ou construção tem repercussões na produtividade, nos custos e na segurança. Existem formas diferentes de fazer a gestão de materiais, como as metodologias *Lean Construction* que propõem princípios de gestão de materiais, mas que nas obras, não são de fácil implementação. O método de identificação por radiofrequência, RFID, é muito usado na indústria automóvel e de retalho e pode trazer grandes benefícios para a construção.

Uma má gestão de materiais, tal como, armazenamento inadequado, falha no fornecimento ou sujidade nas áreas de trabalho, podem ser responsáveis por uma perda de 40% na produtividade diária. Por outro lado, os sistemas de gestão de materiais proporcionam uma redução nos custos de mão-de-obra e armazenamento e um aumento na produtividade (Azevedo, M., 2011).

4.9. MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS

Neste exemplo de aplicação, foi criado um projeto de um sistema, por um ex-aluno da Faculdade de Engenharia do Porto, do Mestrado Integrado em Engenharia Civil, que também propôs o recurso à utilização da tecnologia RFID, com o objetivo de ajudar a fazer a manutenção de edifícios, mais propriamente dos elementos fonte de manutenção (EFM) existentes no mesmo, de uma forma automática.

Para tal, foi usada a tecnologia RFID, em elementos passíveis de manutenção (denominados de EFM), atribuindo a estes a possibilidade de comunicar com a pessoa responsável pela manutenção. Sendo o principal objetivo deste sistema comunicar com o edifício, os EFM irão estar equipados com uma *tag*, onde está registada toda a informação necessária à manutenção desse determinado elemento. Deste modo, o responsável pela manutenção, pode ler as informações contidas na *tag*, associadas ao elemento, através de um leitor RFID (tendo este a capacidade de alterar informação contida na *tag*). O cenário ideal seria aplicar *tags* em todos os EFM, desde os elementos construtivos (elementos pré-fabricados e elementos estruturais executados na obra) até aos elementos não estruturais. Contudo, se o cenário ideal não se verificar e o edifício se encontrar em período de utilização, este sistema é mais limitado, pois apenas se poderá colocar *tags* em alguns elementos.

Essas *tags* aplicadas nos EFM, devem conter todas as informações necessárias à sua manutenção. As *tags* colocadas em elementos construtivos podem ter informações importantes relativas ao desempenho do elemento ou à necessidade de manutenção, como por exemplo, as humidades, fendas, temperaturas, níveis de utilização, etc. As *tags* colocadas nos elementos não estruturais, tais como portas, sistemas elétricos e mecânicos e instalações sanitárias, teriam também sistemas de monitorização de ocorrências que interferem na manutenção e desempenho dos mesmos, tais como humidade nos sistemas sanitários, vibrações em sistemas mecânicos, níveis de utilização para portas, etc.

Para além das informações relativas à monitorização do desempenho e da manutenção, as *tags* associadas aos EFM devem também conter informações fixas, tais como fabricante, equipa de montagem, garantias e manuais de manutenção, bem como, informações sobre limpezas, inspeções, pro-ações, substituições, correções e outras relevantes ao assunto.

As *tags* devem ainda possuir uma memória regravável, para desta forma, se poder introduzir informações na mesma, referente a todas as ações efetuadas no elemento, sobre, datas, estados, identificação de quem efetuou as ações, observações, etc.

Desta forma, quando as propriedades associadas a um EFM, referentes ao desempenho, manutenção ou nível de utilização, atingirem um determinado nível que necessite de intervenção, os elementos têm a capacidade de transmitir um aviso.

Com este sistema é possível obter toda a informação relativa a manuais de manutenção, características e registos associados a este, no local onde se encontra, de forma imediata para o operador, o que representa uma mais-valia para a manutenção, pois, desta forma, o operador tem toda a informação necessária à operação que irá executar, diminuindo assim a possibilidade de erros na execução das ações.

Outra das vantagens deste sistema, é conter a informação de todas as ações realizadas de uma forma normalizada. A realização de um relatório de atividades automático por parte do software simplifica as obrigações do gestor e evita esquecimentos. A verificação de elementos facilita um processo que, de um modo não informático, seria extremamente demorado e que, com recurso a

meios informáticos, permite obter esta informação de um modo rápido e fidedigno (Martins, L., 2011).



Fig. 15 – Esquema do sistema RFID proposto na aplicação

5

GUIA DE IMPLEMENTAÇÃO/UTILIZAÇÃO

5.1. IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA RFID

A metodologia a utilizar na implementação de uma infraestrutura RFID não é muito diferente da utilizada na adesão de outras tecnologias. O sucesso do sistema deriva da forma como os objetivos e consequências são previamente traçados e definidos. Tais como, a importância monetária, a mão de obra e materiais necessários ao projeto, a duração do mesmo e a possibilidade de evolução da tecnologia adotada.

Na realização de qualquer projeto tecnológico é necessário saber, em primeiro lugar, qual o problema que se pretende resolver para, assim, ser possível ir à procura da melhor solução para o mesmo. É muito importante também conhecer os “sub-problemas” que lhe estão associados e as vantagens que podem advir da resolução dos mesmos.

Para levar avante qualquer projeto é ainda fundamental o entendimento, por parte dos responsáveis e dos trabalhadores, das mais valias oferecidas pela tecnologia que se escolheu e o envolvimento dos responsáveis da organização. Após a definição do problema é necessário escolher qual a melhor tecnologia a adotar. Ulteriormente, e durante a conceção do projeto, deve ser concebida uma *checklist* que contenha todos os detalhes a expor na implementação do mesmo, da forma mais detalhada possível, com os respetivos materiais e custos, tempo de implementação e o retorno que o projeto poderá oferecer, para uma futura avaliação.

Avaliados os requisitos, os meios necessários, o impacto que o projeto irá causar na atividade normal da empresa e os benefícios que daí podem resultar, estão reunidas as condições para que se possa tomar uma decisão sobre a continuação ou não do projeto. Concluindo-se pela pertinência da continuidade ao projeto deverá, então, ser elaborado um caderno de encargos e realizado um concurso para o fornecimento dos componentes necessários, que podem ser adquiridos a um único fornecedor, num contrato designado por “chave na mão”, ou adjudicados a várias entidades.

Na implementação do sistema é necessário o acompanhamento por parte da empresa, de forma a que possa ajudar a responder a questões que surjam durante esta fase. Para além disso, é também importante que haja pessoal com *know-how* para acompanhar e gerir o projeto.

No final da implementação deve ser dada formação aos utilizadores, sendo esta complementada com manuais de instalação, configuração e operação. Deverão também ser considerados os custos de manutenção dos equipamentos e de assistência à instalação (Rei, J., 2010).

5.1.1. SELEÇÃO DE FORNECEDORES

Na escolha de fornecedores é necessário ter em conta alguns aspetos, como a situação financeira em que a empresa se encontra, a qualidade dos serviços, o nível de experiência na realização de projetos semelhantes e na instalação dos equipamentos e serviços de RFID e integração da tecnologia proposta nos sistemas atuais. Para além disso, também é importante verificar se o fornecedor garante uma formação de utilização da tecnologia, saber quais as garantias ao nível dos equipamentos e/ou serviços, que tipo de suporte pós-venda/instalação é fornecido, os custos que deste advêm e se os equipamentos e serviços estão em conformidade com a legislação local (Rei, J., 2010).

5.1.2. SELEÇÃO DA FREQUÊNCIA

A escolha da frequência a utilizar é fundamental para a seleção das *tags* e dos leitores, pois estes comunicam entre si através de ondas rádio de uma determinada frequência. A frequência deve ser escolhida consoante o objetivo desejado, uma vez que esta tem influência em várias características do sistema, tais como, velocidade de transferência, alcance do sinal e a capacidade desta atravessar ou não determinados materiais (Rei, J., 2010).

As frequências usadas em sistemas RFID são:

- Low Frequency (LF)
- High Frequency (HF)
- Ultra High Frequency (UHF)
- Micro-ondas

5.1.3. SELEÇÃO DE TAGS

Na seleção das *tags*, devem ser consideradas algumas características, nomeadamente:

- Tipo de *tags*: ativa, passiva, semi-ativa ou semi-passiva;
- Tipo de memória: *Read Only*, *Write One Read Many* ou *Read Write*;
- Capacidade de Memória: deve ser escolhida de acordo com as necessidades do sistema a implementar, pois quanto maior for a memória maior será o preço da *tag*;
- Alcance de leitura - deve ser tomada em atenção, pois o alcance de leitura deve ser apenas o necessário, porque quanto maior for este alcance, maior é a possibilidade da existência de interferências;
- Tamanho, forma e robustez;
- Sistema de fixação ou colagem;
- Quantidade de *tags*;
- Conformidade com normas e legislações;
- Tempo de vida útil esperado (Rei, J., 2010).

5.1.4. SELEÇÃO DE LEITORES

Na seleção dos leitores, as características a ser consideradas são, nomeadamente:

- Tipo de leitores: fixos, móveis e *handheld*;
- Robustez do leitor
- Compatibilidade com a gama de frequência selecionada, se está homologado para essa frequência e se cumpre a legislação em vigor.
- Interfaces para ligação à rede ou a outros dispositivos (*Ethernet, USB, Wireless, etc.*);
- Número de portas para antenas. Podem ser duas, quatro ou oito (Rei, J., 2010).

5.1.5. SELEÇÃO DE ANTENAS

Para se fazer a seleção das antenas, deve-se ter em atenção alguns aspetos tais como, a orientação, polarização e material que a compõe, sendo também fulcral considerar o tipo de leitor a utilizar, ou seja, se este é móvel, fixo ou *handheld* (Rei, J., 2010).

5.2. FUNCIONAMENTO

Este guia de utilização serve para auxiliar a instalação de um sistema RFID, que tem por finalidade, contabilizar as horas de funcionamento dos equipamentos em obras.

Visto que os equipamentos são geralmente responsáveis por uma quantidade significativa do investimento de uma obra, é importante fazer o rastreamento e o controlo das horas de funcionamento dos mesmos, para desta forma, se poder otimizar custos. O controlo das horas de funcionamento permite às empresas de construção perceber melhor a necessidade de utilização de cada equipamento e a quantidade de horas que estes são necessários nas obras. Desta forma, dá-lhes a possibilidade de realizar contratos diferentes com as empresas que os alugam, permitindo às empresas de construção alugar os equipamentos por hora, em vez de o fazer por dia e, também, conseguir a redução dos custos de aluguer.

Para se efetuar o controlo das horas de funcionamento de equipamentos é preciso implementar um sistema RFID, com *tags* e leitores, colocados nos equipamentos/locais de armazenamento dos mesmos, os quais comunicam entre si e enviam os dados para o *middleware* do *enterprise subsystem*. O *middleware*, por sua vez, prepara os dados recolhidos pelos leitores no *RF subsystem* e envia-os para o *analytic system* da empresa, com o objetivo de serem armazenados (na base de dados) e processados (no *software* de processamento) e, finalmente, serem utilizados pelo utilizador.

Dependendo do tipo de equipamento, a instalação das *tags* e dos leitores é realizada de forma distinta. Estes equipamentos podem ser divididos em dois grupos, fixos e móveis, sendo os fixos uma grua torre e os móveis uma pá-carregadora e uma giratória (para estes exemplos de equipamentos será demonstrado como se pode proceder à instalação e funcionamento do sistema).

5.2.1. EQUIPAMENTOS MÓVEIS - (OPÇÃO 1)

Nos equipamentos móveis será colocada uma *tag* ativa (detalhes na tabela 4) em cada um deles, e um leitor UHF (detalhes na tabela 4) no local de armazenamento dos equipamentos, de forma a que

o alcance da sua antena (detalhes na tabela 4) abranja toda a zona de armazenamento. Assim, o leitor emite um sinal periódico de minuto a minuto e deteta se os equipamentos (*tags*) se encontram na zona de armazenamento. Quando o leitor, numa das leituras, não detete um equipamento (*tag*) na zona de armazenamento, o sistema começa a contabilizar o tempo do equipamento “desaparecido”. Assim que este volte a ser detetado pelo leitor, parará a contagem do tempo, sendo contabilizado o período de tempo em que um determinado equipamento esteve em uso (fora do local de armazenamento). Nesta opção, o local de armazenamento não é vedado, permitindo aos equipamentos que se movam livremente para o interior ou exterior deste local, sem ter que passar por uma entrada/saída.

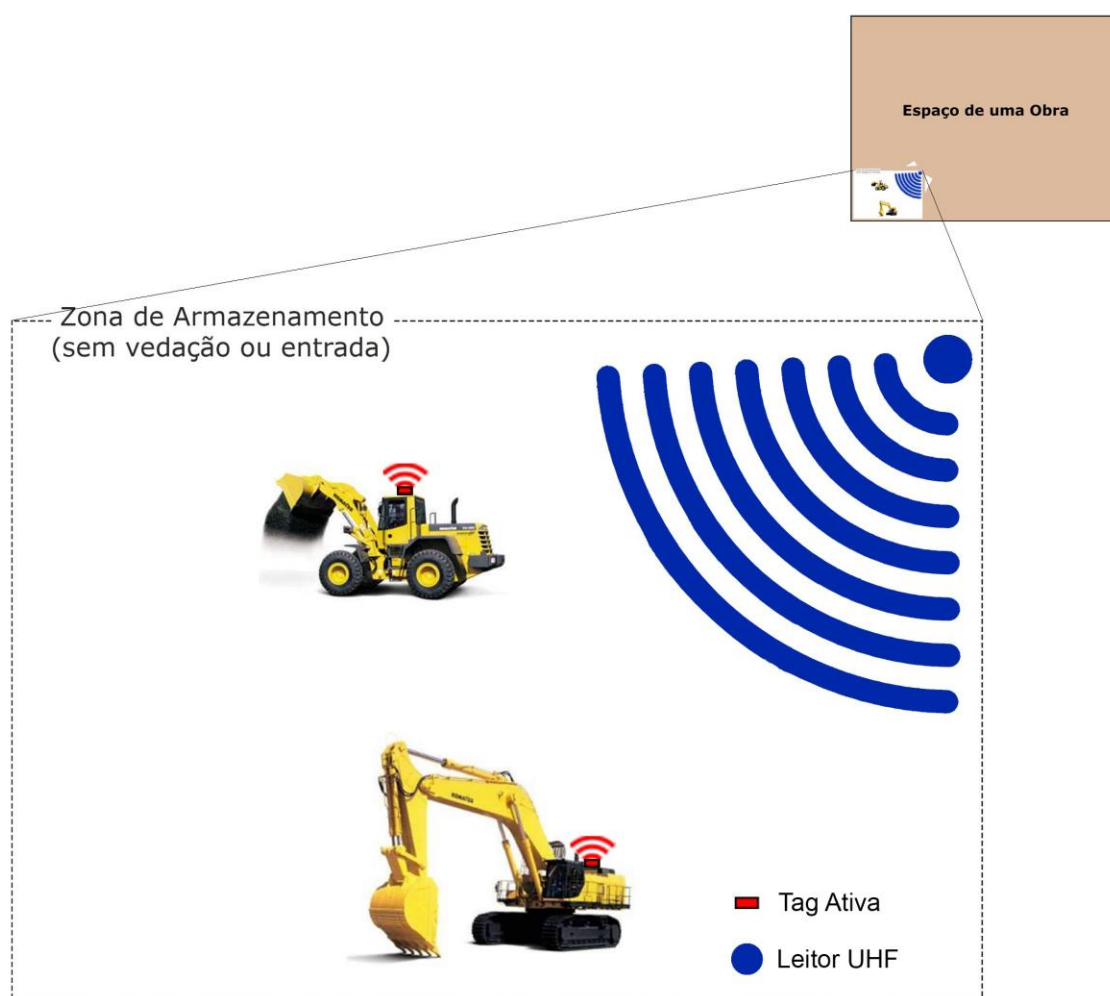


Fig. 16 – Sistema de controlo de tempo de equipamentos móveis (Opção 1)

5.2.2. EQUIPAMENTOS MÓVEIS - (OPÇÃO 2)

Outra hipótese para fazer o controlo dos equipamentos móveis passa por vedar a zona de armazenamento dos equipamentos e colocar um leitor portal (detalhes na tabela 4) na entrada e *tags* passivas (detalhes na tabela 4) nos equipamentos. Desta forma, quando um equipamento sai da zona de armazenamento, passa pelo portal, sendo registada a hora em que o respetivo equipamento

saiu. Quando o mesmo equipamento volta a passar pelo leitor portal, significa que está a entrar na zona de armazenamento e que o seu tempo de trabalho terminou. Desta forma, o sistema contabiliza a diferença do tempo de entrada e de saída, obtendo assim o período de tempo em que o equipamento esteve a ser utilizado.

De acrescentar que, em ambas as opções, será necessário implementar um botão *switch* (interruptor) para desligar a tag ou usar uma tag com *lock command*, para desta forma bloquear o acesso à mesma, no caso dos equipamentos terem que sair do local de armazenamento, sem que seja por motivos de realizar trabalho, por exemplo, para manutenção ou abastecimento. Desta forma, o sistema não contabiliza esse tempo, desligando a tag ou bloqueando o acesso a esta (dependendo do mecanismo adotado).

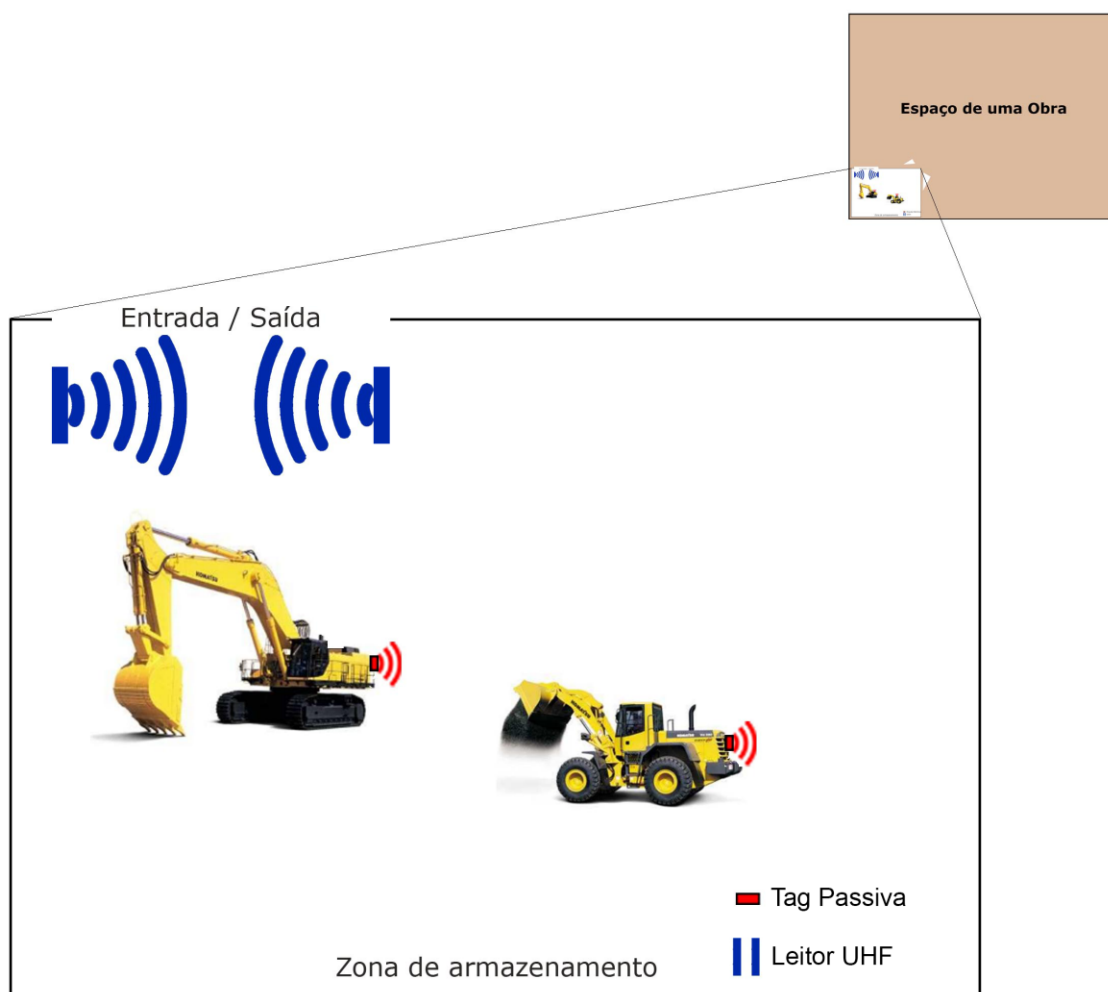


Fig. 17 – Sistema de controlo de tempo de equipamentos móveis (Opção 2)

5.2.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS DA OPÇÃO 1 EM RELAÇÃO À OPÇÃO 2

Na opção 1 não é necessário vedar a zona de armazenamento, pois o leitor abrange toda a zona do mesmo e faz a leitura dos equipamentos que se encontram ou não nesta zona. Já na opção 2, como o sistema controla o tempo através da passagem dos equipamentos por uma entrada/saída, é

necessário que toda a zona de armazenamento se encontre vedada, para que não haja a possibilidade de um operador sair com o equipamento sem passar pelos leitores.

Uma vez que na opção 1 a zona de armazenamento não se encontra vedada, os equipamentos podem entrar e sair livremente desta zona, sem perderem tempo a passar por uma entrada/saída sempre que precisam de se mover para o interior ou exterior desta. No caso de haver necessidade de entrar ou sair mais do que um equipamento simultaneamente, na opção 2 poderá dar-se o caso de formar filas de espera, o que não acontecerá na opção 1.

Por outro lado, caso o espaço de armazenamento seja muito grande, irá implicar maiores custos ao nível da aquisição do leitor e da antena do mesmo, pois será necessário abranger uma maior zona, isto é, equipamentos mais sofisticados e dispendiosos. Para além disso, uma vez que estes sistemas dependem do bom manuseamento por parte do operador, na opção 1 existe uma maior possibilidade de falha por parte do operador, pois este poderá, por lapso, não estacionar o equipamento na área de cobertura de antena, enquanto que na opção 2, o operador é obrigado a entrar na zona de armazenamento e passar obrigatoriamente pelo portal.

5.2.4. EQUIPAMENTOS FIXOS (GRUA)

Nos equipamentos fixos terá que ser instalado um sistema único para cada equipamento, pois estes não têm um local de armazenamento no final do seu uso. Assim, o seu controlo tem que ser feito no mesmo local e a forma utilizada para os equipamentos móveis não serve para este tipo de equipamentos. Desta forma, é necessário montar um sistema que consiga detetar o início e o fim do funcionamento do equipamento, sem que este saia do local onde se encontra. O sistema, para contabilizar o horário de funcionamento de uma grua, tem uma posição inicial/final de funcionamento, na qual o operador terá que garantir que a grua inicie e acabe as suas operações sempre na mesma posição. A partir do momento que o carrinho da lança da grua passe pelo leitor, na sequência do início do seu movimento, começa à contagem do tempo e quando o operador terminar as operações relacionados com o serviço em questão, terá que recolher o carrinho da lança para a sua posição inicial, para desta forma a contagem do tempo parar.

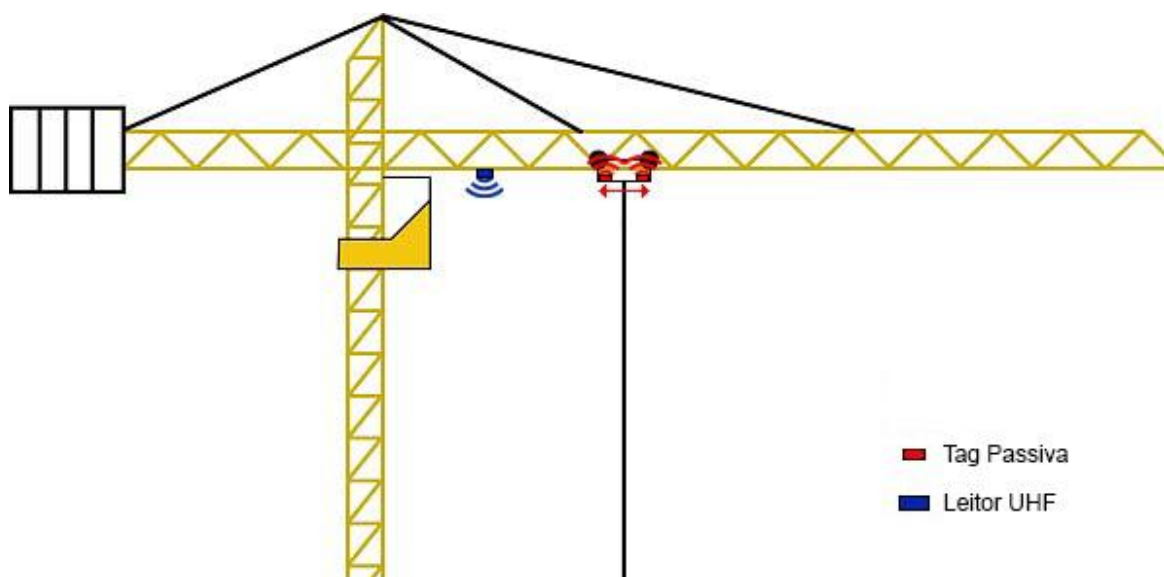


Fig. 18 – Sistema de controlo de tempo de funcionamento de uma grua (Pixabay, 2012).

É colocado um leitor UHF (detalhes na tabela 4) na estrutura da lança da grua, o mais perto possível da cabine do utilizador (Posição inicial/final) e duas *tags* passivas (detalhes na tabela 4) no carrinho da lança da mesma, sendo que uma está mais à frente que a outra, como representado na figura 18.

Assim, quando o carrinho da lança iniciar o seu movimento, as *tags* irão passar pelo leitor que está fixo na lança da grua, no sentido da esquerda para a direita, sendo lida em primeiro lugar a *tag* que está mais à direita e logo de seguida a que se apresenta à esquerda. Quando as *tags* são lidas nesta sequência, indica que a grua iniciou o seu funcionamento, sendo registado que as mesmas foram lidas na hora e data X. Assim que o carrinho da lança for totalmente recolhido, este obrigatoriamente passará pelo leitor, no sentido da direita para a esquerda, as *tags* serão lidas na sequência oposta e irá ser novamente registado que as *tags* foram lidas na hora e data Y. Desta forma, faz-se a diferença de tempo entre as leituras (Hora da Leitura Final (Y) – Hora Leitura Inicial (X) = Tempo de Utilização). Depois do carrinho ser recolhido, o sistema encontra-se na posição inicial, pronto para iniciar novamente o movimento e a contagem do tempo, caso a grua entre em funcionamento. Os dados recolhidos pelo leitor são enviados para o *middleware*, o qual faz o transporte dos mesmos para a base de dados do *analytic system* e, posteriormente, serão processados pelo *software* de processamento, o qual é responsável pela realização do cálculo do tempo de utilização, informando ainda se o equipamento está a ser utilizado e há quanto tempo.

Os dados recolhidos pelos leitores são enviados para o *enterprise subsystem*, passando em primeiro lugar pelo *middleware* onde são tratados e ulteriormente enviados para o *analytic system*. Aqui os dados irão ser armazenados e processados da forma pretendida, enviando a informação desejada ao utilizador que, neste caso, diz respeito às diferenças de tempo entre o fim e o início do funcionamento, o estado atual do equipamento (se está ou não em uso) e o tempo que o mesmo se encontra em utilização. Os dados poderão ser transmitidos para o *enterprise subsystem* por cabo ou *wireless*, conforme as características da infraestrutura da rede da obra. Se existir previamente uma cobertura de rede *wireless* na obra, os dados podem ser transmitidos desta forma, se não, estas transações de dados podem fluir por cabo, estando os leitores ligados dessa forma ao *enterprise subsystem* da empresa ou a um *router* que esteja ligado a este.

Através deste sistema é também possível controlar, por parte do operador e superiores, se o operador da grua está a demorar o tempo previsto nas tarefas a executar, ou se este está a demorar mais que o previsto. Imaginando a hipótese de se ter que transportar uma paleta de tijolo do local de armazenamento para o piso 1, do edifício em obra, estando a paleta a uma distância de 35m do ponto inicial da grua, a grua terá que elevar a paleta a 3m de altura, fazer um movimento de rotação de 60° e, de seguida, recolher para a posição de 20m do ponto inicial da grua, para assim poder depositar a paleta no local pretendido (como representado na figura 19).

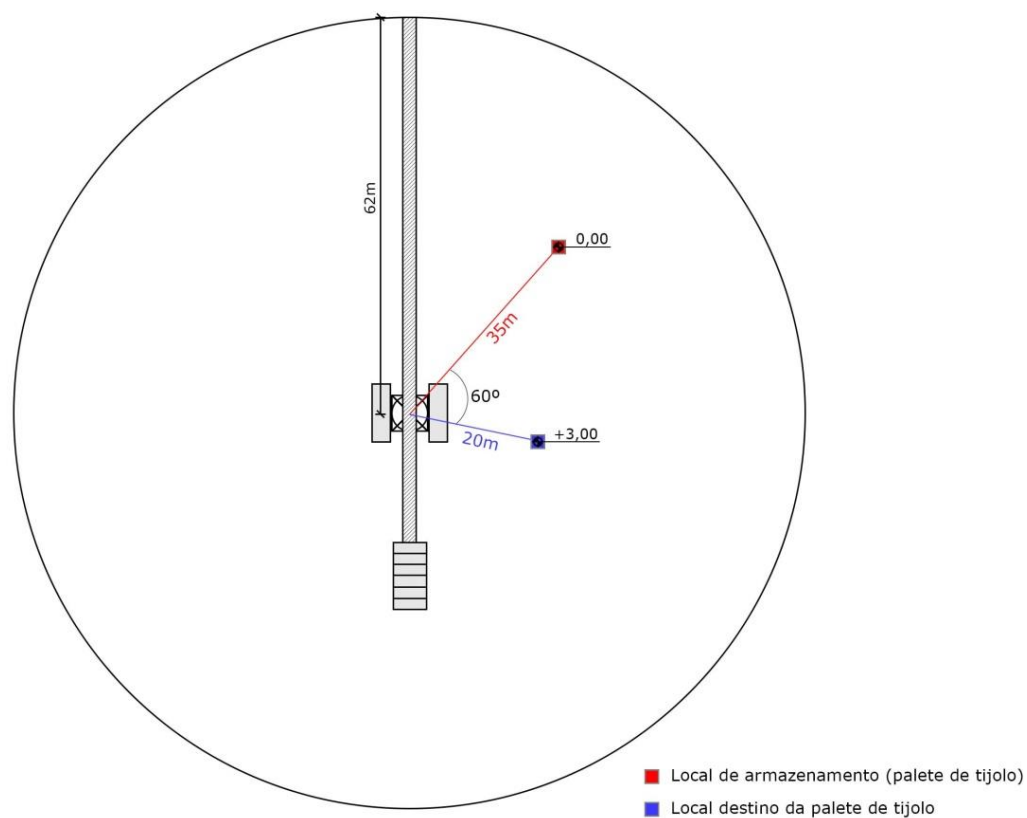









Fig. 19 – Simulação de um serviço da grua

Dados técnicos da Grua:

Motions Movimento		Speed Velocidade	Motor's power Pot. dos motores
	Hoisting Elevação	 0 a 100 m/min.	18 kW
		 0 a 50 m/min.	
	Slewing Orientação	0 a 1 r.p.m.	2x5 daN.m
	Trolleying Distribuição	0 a 60 m/min.	3 kW
	Travelling Translação *	15 m/min.	2x3 kW
	Electric power / Potência total		35 kVA
	Tension / Tensão		400 v ±5% (50 Hz)

* Option / Opção

Fig. 20 – Dados técnicos da grua (APAGruas, 2017)

Descrição da grua encontra-se no Anexo 8.1.

Dados técnicos da paleta de tijolos:



Fig. 21 – Dados técnicos da paleta de tijolos (Preceram, 2014)

Para estimar o tempo de execução de uma tarefa com a grua foi feita a medição em campo do tempo que o operador de uma grua demora a colocar o gancho desta numa paleta de tijolos. Assim foi possível registar os seguintes tempos relativos ao tempo de colocação do gancho da grua no suporte para transporte de paletes de tijolos:

Tabela 6 – Medições do tempo de colocação do gancho da grua

1ª medição:	9s
2ª medição:	13s
3ª medição:	11s
4ª medição:	8s
Total:	41s
Média:	10.25s

Neste caso, o tempo necessário para transportar a paleta de tijolo do local de armazenamento para o local desejado seria no mínimo de 72,5s. Caso o operador da grua demore mais do que 72,5s, tanto o próprio operador da grua, como o seu responsável, poderá verificar que esta tarefa demorou mais tempo que o necessário a ser executada.

Outra hipótese seria colocar apenas um leitor no gancho da grua, de forma a que esta, sempre que transporte materiais, faça a leitura dos mesmos no momento em que os apanha. Para que este sistema funcione é necessário que os materiais que entram na obra estejam todos equipados com *tags* (passivas). Desta forma, é possível contabilizar o número de serviços executados pela grua e ainda identificar que serviço foi realizado, neste caso, que materiais se transportaram.

Este sistema não serve para contabilizar as horas de funcionamento da grua, mas sim para identificar todos os materiais que a grua transportou e quantos serviços esta realizou. Assim, esta opção, apresenta características ao nível de gestão de equipamentos, mas também de materiais, pois assim podemos contabilizar o número de serviços executados pela grua e ainda identificar os materiais que foram transportados num determinado período de tempo.

Esta opção não foi profundamente explorada, dado que este guia tem como objetivo fazer o controlo do tempo de funcionamento dos equipamentos, característica que este sistema não possui. Contudo, não deixa de ser uma opção interessante para um sistema deste género.

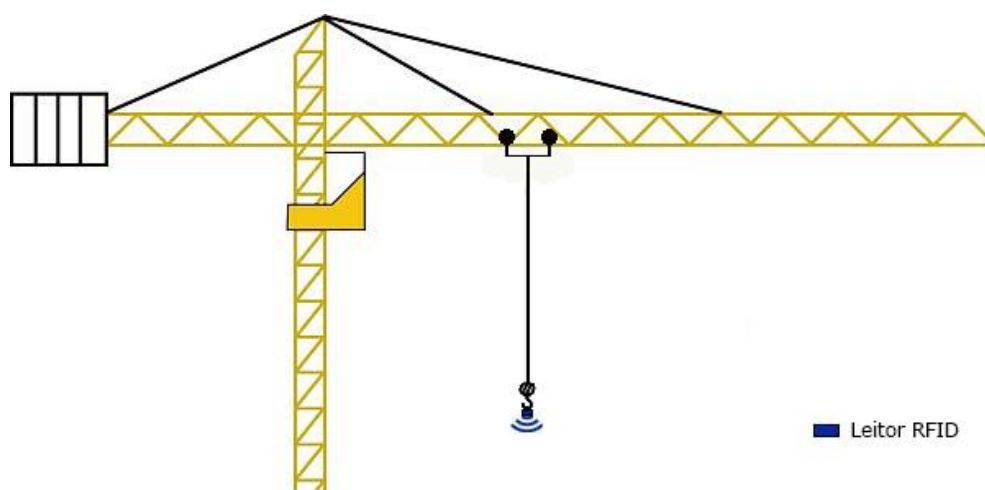


Fig. 22 – Sistema de controlo do numero de servicos de uma grua e identificacao(gestao?) de materiais (Pixabay, 2012).

5.3. EQUIPAMENTOS

Tabela 7 – Equipamentos RFID propostos

	Equipamento Fixo (Grua)	Equipamentos Móveis (Opção 1)	Equipamentos Móveis (Opção 2)
Leitor	ISC.MRU102	ACT.T.L-E	Portal: Double-Sided RFID Portal (6006-D) Inclui Leitor: Enterprise Gen 2 RFID Reader
Preço	451,187€/un	1.123,425 €/un	4 294.462€/un
Antena	ISC.ANT.U270/270-EU	ACT.T.ANT.7-A	4 Circular Polarized Antenna (326008) (Preço incluído no Portal)
Preço	145.750€/un	654,549 €/un	
Tag	ZTHM-61X14.X1-A (Passiva)	ACT.T.AT-A (Ativa)	Gen 2 RFID tag (116403) (Passiva)
Preço	4.355€/un (preço para 200unidades)	43,627 €/un (preço para 25unidades)	6.012€/un

Descrição dos equipamentos encontram-se nos Anexos 8.2, 8.3 e 8.4.

5.4. INFRAESTRUTURA DA REDE E FLUXO DE DADOS

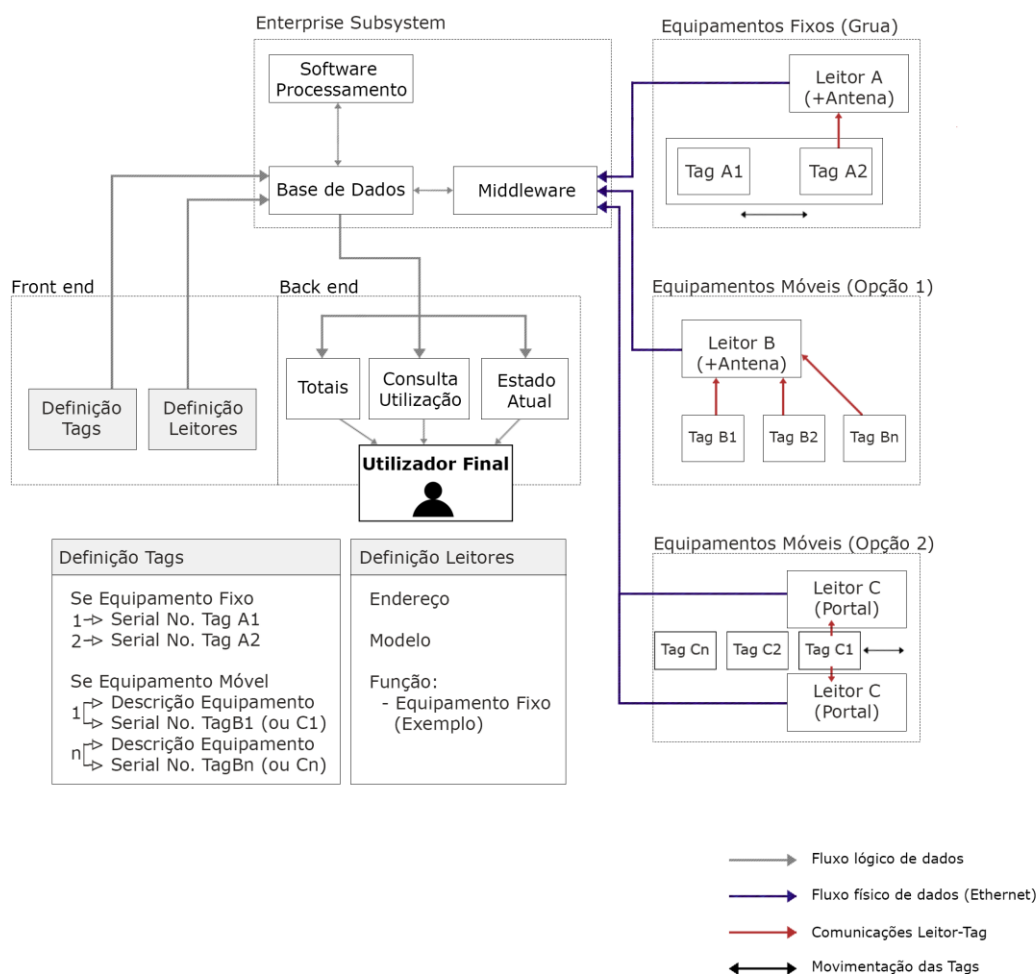


Fig. 23 – Fluxo de dados no sistema RFID

Os dados das *tags* são lidos pelos leitores via RF, os quais transmitem estes dados para o *enterprise subsystem* através de uma ligação *ethernet* (ligação física – cabo de rede), passando pelo *middleware* que faz a conversão do formato dos dados dos leitores para um formato compreensível pelo *enterprise subsystem*. Os dados, dentro do *enterprise subsystem*, fluem de forma lógica entre eles. Os dados que chegam à base de dados provêm das definições das *tags* e leitores, introduzidas pelo utilizador/fornecedor do *middleware* e do *software* de processamento que envia os dados finais (já processados). O *software* de processamento, recolhe os dados que chegam à base de dados, transforma-os para que sejam úteis para o utilizador e envia-os de volta para a base de dados. A partir daqui, o utilizador poderá ter acesso aos Totais, Consulta de Utilização e Estado Atual.

Totais: Tempo de funcionamento total do equipamento;

Consulta de Utilização: Há quanto tempo o equipamento está a funcionar;

Estado Atual: Se o equipamento está ou não em uso.

5.5. FORMAÇÃO

Após a implementação do sistema RFID é importante que o fornecedor do mesmo ofereça a formação necessária aos utilizadores e intervenientes no uso dos equipamentos para que tudo corra conforme expectável.

É necessário que os operadores dos equipamentos saibam que os mesmos têm um local ou posição inicial e a razão da sua existência. Os equipamentos móveis, quando terminam o seu trabalho, devem voltar ao seu local de armazenamento, para que o sistema pare de contar o respetivo tempo de funcionamento. Nos equipamentos fixos que, neste caso, se trata de uma grua torre, o carrinho da lança deverá ser recolhido para o local mais próximo possível da cabine do operador, para que o sistema pare de contabilizar o tempo de funcionamento e para que esteja em condições do sistema voltar a contar o seu funcionamento, assim que ele volte novamente a ser usado.

Para além desta formação, é também necessário que os utilizadores finais (responsáveis), tenham a formação necessária para acederem ao *software* do sistema e retirarem do mesmo os valores finais que são gerados.

5.6. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA PROPOSTO

Tabela 8 – Vantagens e Desvantagens

Vantagens	Desvantagens
- Organização da obra	- Erros de leitura por parte dos leitores
- Custos de implementação reduzidos	- Interferências
- Custos muito baixos para ampliação do sistema	- Bom funcionamento do sistema depende do operador
- Controlo do tempo de funcionamento dos equipamentos	- Aparecimento de uma tecnologia mais eficiente
- Controlo em tempo real	- Alterações às normas e regulamentação
- Baixa necessidade de recursos humanos	
- Combinação do sistema com outras tecnologias (exemplo: GPS, BIM)	
- Aumento da necessidade de controlo do tempo dos equipamentos por parte das empresas	
- Mercado RFID em expansão	

5.6.1. VANTAGENS

Organização da obra – Para o bom funcionamento do sistema, os equipamentos têm que ser armazenados no local de armazenamento, o que faz com que haja uma maior organização da obra a este nível.

Custos de implementação reduzidos – Os custos de implementação de um sistema RFID, semelhante ao apresentado, não têm grande relevância num orçamento de uma obra, tendo a vantagem de poder ser reutilizado.

Custos muito baixos para ampliação do sistema – Uma vez adquiridos os equipamentos necessários para o sistema RFID, a ampliação do mesmo para mais equipamentos, tem um custo muito reduzido, pois as *tags* são o equipamento mais barato do sistema.

Controlo do tempo de funcionamento dos equipamentos – Este sistema tem como finalidade controlar o tempo de funcionamento dos equipamentos.

Controlo em tempo real – Este sistema permite fazer o controlo, em tempo real, dos equipamentos que estão a ser utilizados e há quanto tempo, permitindo assim tomar decisões em tempo real.

Baixa necessidade de recursos humanos - Uma vez que o sistema se encontre em funcionamento, este é totalmente automatizado, apenas sendo necessário que alguém recolha os dados finais fornecidos pelo mesmo.

Combinação do sistema com outras tecnologias (exemplo: GPS, BIM) – O sistema pode ser combinado com outras tecnologias, tal como o GPS, podendo desta forma fazer o controlo do posicionamento em tempo real dos equipamentos em obras.

Aumento da necessidade de controlo do tempo dos equipamentos por parte das empresas – O controlo dos equipamentos permite uma diminuição dos custos de aluguer dos equipamentos, uma vez que passará a ser possível fazer contratos diferentes sobre os mesmos (por exemplo, contrato à hora), permitindo assim que as empresas aumentem o seu nível de competitividade devido à redução de custos.

Mercado RFID em expansão – É uma tecnologia em expansão, o que faz com que haja maior concorrência, que a tecnologia evolua e os preços desçam.

5.6.2. DESVANTAGENS

Erros de leitura por parte dos leitores – Caso haja um erro de leitura por parte do leitor, haverá uma falha no sistema de contagem do tempo.

Interferências – Existe o risco de interferências com outro tipo de equipamentos ou, por exemplo, com metais que obstruem o sinal da RF.

Bom funcionamento do sistema depende do operador – Caso o operador falhe no procedimento de funcionamento do sistema, põe em risco o âmbito do mesmo.

Aparecimento de uma tecnologia mais eficiente – Em todas as tecnologias verifica-se uma constante evolução, sendo provável que venham a surgir outras que ponham em causa as já existentes.

Alterações às normas e regulamentação – Caso as normas ou regulamentações mudem numa determinada jurisdição, o funcionamento dos equipamentos do sistema RFID podem ou não ser permitidos.

6

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O principal objetivo desta dissertação foi efetuar um estudo sobre a utilização de sensores e de monitores nas obras, em específico da tecnologia RFID, incluindo a criação de um guia de implementação/utilização que possa trazer melhorias para a construção.

Assim, no sentido de controlar o tempo de funcionamento de equipamentos utilizados nas obras, foi criado um projeto de um sistema baseado na tecnologia RFID, uma vez que esta tecnologia consegue ser muito versátil, isto é, pode ser implementada para diversas tarefas, em diversas áreas, e pode ser aplicada de diferentes formas para o mesmo fim. Acresce referir que se revela também vantajosa tanto no que diz respeito à automação das tarefas, como a nível económico.

Numa fase inicial da dissertação, começou-se por estudar a tecnologia RFID, a sua utilidade, modo de funcionamento e vantagens. Por se tratar de uma tecnologia bastante versátil, existe uma grande liberdade na implementação de um sistema deste tipo. Isto é, no sistema de tecnologia RFID existem diversos equipamentos que apresentam o mesmo objetivo final, mas possuem características diferentes, sendo uns mais adequados do que outros, dependendo do sistema que se pretende instalar.

Os referidos equipamentos dividem-se em três grupos: leitores, *tags* e antenas. Todos eles funcionam numa gama de frequência que lhes é própria e, dependendo dessa gama, estes apresentam características muito diferentes, desde o alcance e velocidade do sinal, até à capacidade de atravessar determinados materiais. Relativamente aos leitores, estes podem ser só de leitura de dados ou de leitura e escrita. As *tags* podem ser de quatro tipos, ativas, passivas, semi-ativas e semi-passivas. Para além disso, existem muitas outras características que foram expostas ao longo da dissertação.

Com o objetivo de implementar um sistema de controlo de tempo de funcionamento de equipamentos nas obras foram sugeridas três opções diferentes, sendo duas delas relativas ao controlo de equipamentos móveis e outra relativa ao controlo de uma grua.

Relativamente ao sistema adotado para o controlo de tempo de funcionamento da grua, foi sugerido o uso de leitores *ISC.MRU102*, o qual incorpora uma antena *ISC.ANT.U270270-EU* e *tags* passivas *ZTHM-61X14.X1-A*. Para assegurar o funcionamento correto deste sistema era necessário garantir um fácil manuseamento e compreensão do mesmo por parte de todos os elementos envolvidos. Nesse sentido, foi elaborado um sistema em que o operador da grua apenas teria que recolher o carrinho da lança para a posição mais próxima possível da cabine da grua sempre que concluísse as

tarefas. Este sistema tem um procedimento de funcionamento muito simples, mas apresenta como limitação o facto de estar dependente do correto manuseamento por parte do operador.

Relativamente aos sistemas adotados para o controlo do tempo de funcionamento dos equipamentos móveis, foram propostas duas opções diferentes para o mesmo fim. Em ambas as opções, os exemplos usados foram uma pá-carregadora e uma giratória. Os dois sistemas partilham o mesmo princípio, que consiste na obrigatoriedade de todos os equipamentos, no fim do seu uso, serem guardados numa zona própria para o seu armazenamento. A principal diferença entre as duas opções é o facto de, na opção 2, a zona de armazenamento dos equipamentos está vedada, enquanto na opção 1, tal não acontece.

Na opção 1, foi sugerido o uso do leitor *ACT.T.L-E*, antena *ACT.T.ANT.7-A* e *tags* ativas *ACT.T.AT-A*. Neste sistema, os equipamentos podem entrar e sair livremente da zona de armazenamento e o tempo que os mesmos passam fora desta zona, em funcionamento, é contabilizada pelo leitor. Este possui uma antena que faz a cobertura de toda a zona de armazenamento e deteta quando algum equipamento a abandona e, nesse momento, começa a contagem do tempo, até que o mesmo volte a entrar na zona e seja detetado pelo leitor.

Na opção 2, foi sugerido o uso do portal *Double-Sided RFID Portal (6006-D)*, o qual incorpora um leitor *Enterprise Gen 2 RFID Reader* e 4 antenas *Circular Polarized Antenna (326008)*, e *tags* passivas *Gen 2 RFID tag (116403)*. Neste sistema, os equipamentos para entrarem e saírem da zona de armazenamento terão que passar por uma entrada/saída, pois a zona de armazenamento está totalmente vedada. O objetivo é garantir que os operadores dos equipamentos passem pelo portal leitor assim que entrem ou saiam da zona de armazenamento, para que o sistema consiga contabilizar o tempo em que os mesmos estiveram fora desta zona (em funcionamento).

Ambas as opções possuem vantagens e desvantagens. A opção 1 é vantajosa em relação à opção 2, pelo facto de os equipamentos não terem que passar por uma entrada/saída sempre que precisam de entrar ou sair da obra, evitando assim filas de espera e perdas de tempo desnecessárias. A opção 2 é vantajosa em relação à opção 1 pelo facto de ser um sistema mais simples de implementar.

O bom funcionamento destes sistemas (opção 1 e 2), tal como o sistema para fazer o controlo de equipamentos fixos (concretamente a grua), está dependente do correto manuseamento dos equipamentos por parte dos operadores, pois se os mesmos não voltarem a estacionar os equipamentos na zona de armazenamento, a contagem do tempo de funcionamento não irá parar, ocorrendo uma falha no sistema. No entanto, tal como foi explicado para o sistema de controlo de equipamentos fixos, também se trata de um sistema que apresenta um procedimento de funcionamento muito simples.

Estes sistemas de controlo de tempo de funcionamento de equipamentos podem ser muito úteis para a construção, apresentando diversas vantagens. O uso destes sistemas permite aos responsáveis da obra saber, em tempo real, quais os equipamentos que estão a ser utilizados, há quanto tempo e o total do tempo que o equipamento foi usado. Permitem ainda, nomeadamente, que os responsáveis saibam se os operadores dos equipamentos estão a cumprir com as suas funções ou quanto tempo um determinado operador demorou a executar uma determinada tarefa. Por outro lado, também os operadores podem beneficiar com este sistema, que lhes dá a possibilidade de fazer um autocontrolo do tempo. A informação rigorosa que estes sistemas fornecem relativa ao tempo que um equipamento esteve a ser utilizado, ajuda também a medir o desgaste dos equipamentos e traçar planos de manutenção mais convenientes. Estes sistemas podem ainda constituir uma mais valia no estabelecimento de contratos com empresas de aluguer

de equipamentos, de uma forma diferente do habitual, permitindo efetuar contratos por hora de funcionamento do equipamento, em vez dos tradicionais contratos.

A tecnologia RFID tem ainda a possibilidade de se poder conjugar com outras, tais como o BIM ou o GPS, de forma a tornar-se uma tecnologia mais completa e vantajosa.

7

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APAGruas. (2017). <http://apagruas.pt/pt>, Consult. em 27/05/2017
- AtlasRFID. (2017). <http://www.atlasrfid.com/jovix-education/auto-id-basics/what-is-auto-id/>. Consult. em 06/03/2017.
- Aydin, K. and Yildirim, S. (2012). *A case study about RFID technology usage library services*. Journal of Global Strategic Management, 12/12/2012.
- Azevedo, M: (2011). *Gestão de Materiais e Equipamentos em Obra*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Civil.
- Bonsor, K. and Fenlon, W. (2007). *How RFID Works*. <http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/high-tech-gadgets/rfid.htm>. Consult. em 26/02/2017.
- Cardoso, P. (2009). *Modelo de Prevenção de Acidentes na Construção*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Civil.
- Castro, M. (2011). *Desenvolvimento de um Sistema de Localização baseado em Tecnologia RFID*. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Departamento de Informática.
- Domdouzis, K. (2007). *Applications of wireless sensor technologies in construction*. Dissertação de Doutoramento, Loughborough University.
- Domdouzis, K., Kumar, B. and Anumba, C. (2006). *Radio-Frequency Identification (RFID) applications: A brief introduction*. Elsevier, 06/09/2006.
- FQingenieria. (2017a). *ISC.MRU102-U*. <https://www.fqingenieria.com/productos/lector-grabador-de-sobremesa-uhf-con-una-antena-interna-y-otra-externa-las-comunicaciones-son-usb-46826-46826>, Consult. em 27/05/2017.
- FQingenieria. (2017b). *ISC.ANT.U270/270-EU*. <https://www.fqingenieria.com/productos/antena-uhf-270-mm-x-270-mm-con-conector-sma-hembra-de-50-ohmios-polarizacion-circular-y-9-dbic-de-ganancia-frecuencia-europea-99-99>, Consult. em 27/05/2017.
- FQingenieria. (2017c). *ZTHM-61X14.XI-A*. <https://www.fqingenieria.com/productos/tag-uhf-industrial-de-61-5x14-3-mm-ideal-para-superficies-metalicas-sujecion-con-cable-o-brid-a-147250>, Consult. em 27/05/2017.

- FQingenieria. (2017d). *ACT.T.L-E*. <https://www.fqingenieria.com/productos/lector-industrial-activo-con-antena-interna-ethernet-8475-8475>, Consult. em 27/05/2017.
- FQingenieria. (2017e). *ACT.T.ANT.7-A*. <https://www.fqingenieria.com/productos/antena-industrial-para-lectores-activos-433-mhz-con-cable-de-7-6-m-8476-8476>, Consult. em 27/05/2017.
- FQingenieria. (2017f). *ACT.T.AT-A*. <https://www.fqingenieria.com/productos/transponder-activo-433-mhz-de-solo-lectura-ip69-sellado-con-epoxy-8479-8479>, Consult. em 27/05/2017.
- GaoRFID. (2017a). *Double-Sided RFID Portal*. <http://gaorfid.com/product/double-sided-rfid-portal/>, Consult. em 27/05/2017.
- GaoRFID. (2017b). *UHF 890-940 MHz Circular Polarized Antenna*. <http://gaorfid.com/product/circular-polarized-antenna-rfid/>, Consult. em 27/05/2017.
- GaoRFID. (2017c). *UHF 860-960 MHz Ironside Passive RFID Tag*. <http://gaorfid.com/product/tag-ironside-passive-uhf-860-960mhz-rfid/>, Consult. em 27/05/2017.
- GeorgeJames. (2017). *RFID Portal Tracking Solutions*. <http://www.gjbs.co.uk/RFIDTrackingPortals.html>, Consult. em 26/03/2017.
- Huang, C. (2009). *An Overview of RFID Technology, Application, and Security/Privacy Threats and Solutions*. George Mason University.
- Karygiannis, T., Eydt, B., Barber, G., Bunn, L., and Phillips, T. (2007). *Guidelines for Securing Radio Frequency Identification (RFID) Systems*. National Institute of Standards and Technology.
- Kastnes, P. (2016). *How can I pay my car tolls with my smartphone?*, <http://blog.nordicsemi.com/getconnected/why-cant-i-pay-my-car-tolls-with-my-smartphone>, Consult. em 26/03/2017. .
- Martins, L. (2011). *Informática na Manutenção de Edifícios - Utilização de Sistemas de Identificação RFID*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Civil.
- nControl. (2015). *O que é RFID?*. <http://www.ncontrol.com.pt/o-que-e-rfid.html>. Consult. em 26/02/2017.
- Pereira, P. (2011). *Real Time Locating System Based on active RFID*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores.
- Pixabay. (2012). *Guindaste alta construção elevador*. <https://pixabay.com/pt/guindaste-alta-constru%C3%A7%C3%A3o-elevador-48591/>, Consult. em 02/05/2017, Adaptado.
- Preceram. (2014). *Tijolo Tradicional*. <http://www.preceram.pt/tradicional.php>, Consult. em 02/05/2017.
- Ramakrishnan, R. (2012). *RFID Tag Design and Range Improvement*. Dissertação de Mestrado, University of Ottawa.
- Rei, J. (2010). *RFID Versus Código de Barras da Produção à Grande Distribuição*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores.
- Resolução do Conselho de Ministros n.º77/2015. Diário da República, 1.ª série – N.º183 – 18 de Setembro de 2015.

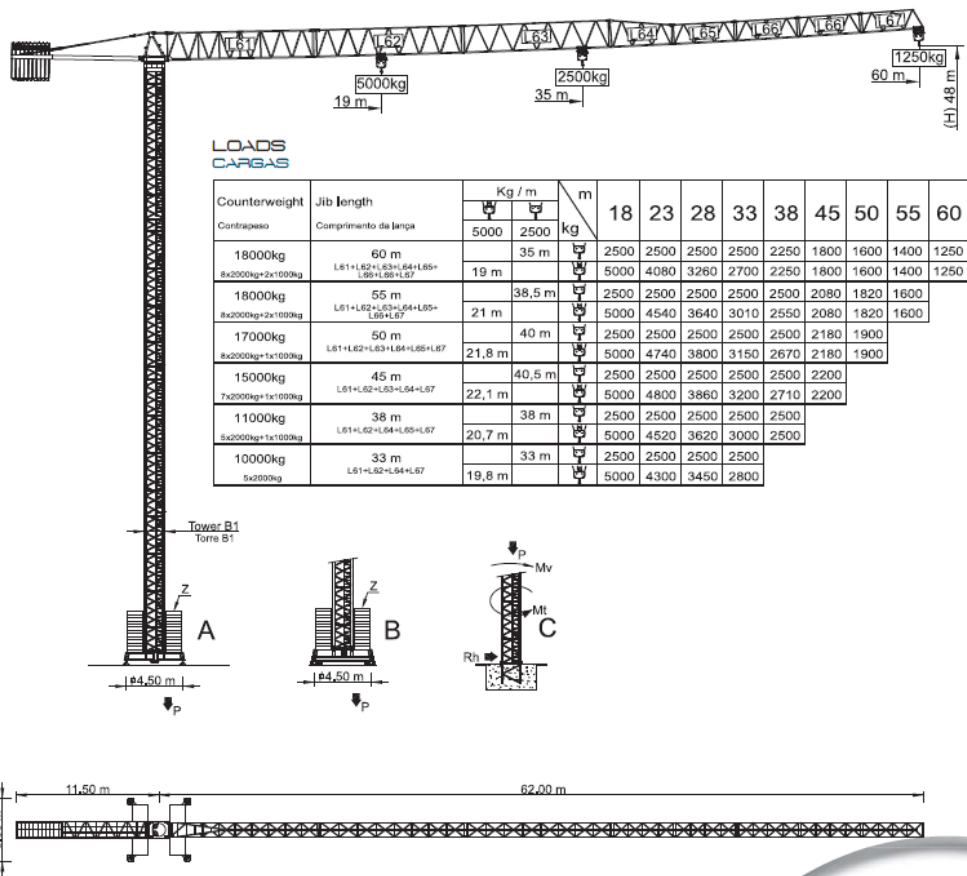
- RFIDJournal. (2017a). *How much does a fully functional RFID system cost?* , <https://www.rfidjournal.com/faq/show?87>, Consult. em 30/05/2017.
- RFIDJournal. (2017b). *How much does an RFID tag cost today?* , <https://www.rfidjournal.com/faq/show?85>, Consult. em 30/05/2017.
- RFIDJournal. (2017c). *How much do RFID readers cost today?* , <https://www.rfidjournal.com/faq/show?86>, Consult. em 30/05/2017.
- Roberts, C. (2006). *Radio frequency identification (RFID)*. Elsevier, 2006.
- Soima. (2017). <https://www.soima.pt/gruas-de-torre>, Consult. em 27/05/2017.
- Song, J., Haas, C. and Caldas, C. (2006). *Tracking the Location of Materials on Construction Job Sites*. Journal of Construction Engineering and Management - ASCE.
- Sran, A. (2012). *Authentication Scheme Based On Dynamic Key Generation RFID*. Dissertação de Mestrado, Dalhousie University.
- Swedberg, C. (2009). *Tunnel Construction Companies Use RFID Badges to Text Workers*. RFID Journal, 15/12/2009.
- Swedberg, C. (2011). *At Construction Sites, RFID Tracks Arrivals, Departures*. RFID Journal, 23/12/2011.
- Swedberg, C. (2013). *DPR Construction Uses RFID Building-Security Solution*. RFID Journal, 27/02/2013.
- Teizer, J., Allread, B., Fullerton, C. and Hinze, J. (2010). *Autonomous pro-active real-time construction worker and equipment operator proximity safety alert system*. Elsevier, 24/02/2010.
- Valero, E., Adán, A. and Cerrada, C. (2015). *Evolution of RFID Applications in Construction: A Literature Review*. MDPI Journal, 03/07/2015.
- Violino, B. (2005). *RFID Business Applications*. RFID Journal, 16/01/2015.
- Ward, M. (2006). *RFID: Frequency, standards, adoption and innovation*. JISC Technology and Standards Watch.
- Wessel, R. (2010). *RFID Helps Control and Organize Construction Sites*. RFID Journal, 08/07/2010.
- Wu, W., Yang, H., Chew, D., Yang, S., Gibb, A., Li, Q. (2009). *Towards an autonomous real-time tracking system of near-miss accidents on construction sites*. Elsevier, 16/11/2009.
- Yin, S., Tserng, H., Wang, J and Tsai, C. (2009). *Developing a precast production management system using RFID technology*. Elsevier, 17/02/2009.

8

ANEXOS

8.1. ANEXO 1 – CARACTERÍSTICAS DA GRUA USADA NA SIMULAÇÃO

SGT 6012TL



REACTIONS REAÇÕES

BALLAST TABLE AND MAXIMUM REACTIONS FOR ALL JS VERSIONS
TABELA DE LASTRO E REAÇÕES MÁXIMAS PARA TODAS AS VERSÕES DE LANÇA

H m	A / B		C		Rh kN	Mt kNm
	Z kN	P kN	Mv kNm	P kN		
24	400	347	1084	367	30	95
27	500	407	1120	375	34	95
30	500	415	1161	383	38	95
33	500	424	1215	390	42	95
36	600	459	1264	398	45	95
39	600	470	1318	406	49	95
42	700	506	1376	414	53	95
45	800	546	1437	424	57	95
48	900	583	1634	432	61	95

CHARACTERISTICS CARACTERÍSTICAS

Motions Movimento	Speed Velocidade	Motor's power Pot. dos motores
Hoisting Elevação	0 a 100 m/min.	18 kW
	0 a 50 m/min.	
Slewing Orientação	0 a 1 r.p.m.	2x5 daN.m
Trolleying Distribuição	0 a 60 m/min.	3 kW
Travelling Translação	15 m/min.	2x3 kW
Electric power Tension / Tensão	35 kVA 400 v ±5% (50 Hz)	

* Option / opção

Fig. 24 – Grua SGT 6012TL (Soima, 2017)

8.2. ANEXO 2 – CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS RFID (GRUA)



FQ Ingeniería Electrónica

FQ Ingeniería Electrónica, SA
 Polígono Industrial Vilanova
 Av. de les Roquetes, 9
 08852 Sant Pere de Ribes
 (Barcelona) Spain

T: +34 93 208 02 88
 F: +34 93 459 28 93

www.fqingenieria.com
info@fqingenieria.com



Lector/grabador de sobremesa UHF con una antena interna y otra externa. Las comunicaciones son USB » ISC.MRU102-U

Lector/grabador de sobremesa para tags UHF EPC C1 Gen 2 (opcionalmente también tags ISO 18000-6-C). Su antena interna es de corto alcance y puede ser usada con tags Near Field. Tiene además un conector SMA para conectar una antena externa que puede ser de medio alcance, pudiendo llegar a leer hasta unos 4 metros (dependiendo de la antena conectada, tag y condiciones de entorno). Puede llegar a emitir hasta 500 mW de potencia RF, configurable. Las comunicaciones son USB.

Destacados

- Lectura hasta 4 metros a través de antena externa
- Incorporan antena interna Near Field
- Precio competitivo
- Potencia emisión configurable
- Comunicaciones: USB
- Opción kit montaje en pared

Descripción

Los lectores/grabadores UHF de medio alcance de la serie ISC.MRU102 tienen un conector tipo SMA de 50 Ohm para acoplar una antena UHF externa alcanzando rangos de lectura hasta los 4 metros. Se ofrecen con una caja de plástico ABS resistente (con protección IP30) y es una alternativa más económica a los lectores industriales con unas buenas prestaciones.

El ajuste de la potencia RF (desde 50 mW hasta 500 mW) permite su utilización en muchos distintos ámbitos de aplicación, además disponen de control de temperatura, RSSI y anticollisión.

Además, estos lectores incorporan una antena interna Near Field con un alcance de hasta 40 cm que permite identificar a personas o escanear manualmente.

Para aquellos proyectos en los que no sea requisito indispensable un lector de rango industrial, estos lectores son la opción más adecuada.

Opcionalmente se le puede instalar un kit de montaje a pared.

Aplicaciones: identificación de objetos y mercancías, trazabilidad de productos, control de producción, identificación de personal, etc.

Fig. 25 – Leitor ISC.MRU102 (FQingenieria, 2017a)



Ingeniería Electrónica

FQ Ingeniería Electrónica, SA
 Polígono Industrial Vilanova
 Av. de les Roquetes, 9
 08822 Sant Pere de Ribes
 (Barcelona) Spain

T: +34 93 208 02 88
 F: +34 93 459 28 93

www.fqingenieria.com
info@fqingenieria.com



www.fqingenieria.com
 ID: 21652381



Antena UHF 270 mm x 270 mm con conector SMA hembra de 50 Ohmios, polarización circular y 9 dBic de ganancia, frecuencia europea. »
ISC.ANT.U270/270-EU

Antena UHF de 270 mm x 270 mm. Polarización circular con 9 dBic de ganancia y 65° de apertura vertical y horizontal. Diseñada para conectarla a cualquier lector UHF de la familia I-Scan de medio y largo alcance. Tiene un conector SMA hembra de 50 Ohmios. Frecuencia europea.

Destacados

- Protección de IP65
- Opción de set de montaje para barra o tubo
- Polarización circular
- Conector SMA (50 ohm)

Descripción

Antena UHF para lectura de tags EPC Class1 Gen2 especialmente diseñada y optimizada para conseguir un rendimiento excelente. Esta antena permite leer y escribir tags en 2 planos espaciales (x, y).

La antena ISC.ANT.U270/270 genera un campo electromagnético que tiene un ángulo de 65° de transmisión de amplitud en ejes X e Y.

Opcionalmente, para este modelo disponemos de un set de montaje que permite orientar la antena en los 3 ejes y montarla fácilmente sobre un tubo o poste. También disponemos de cables coaxiales de 2 y 6 metros de longitud con los conectores SMA para realizar una rápida instalación.

Fig. 26 – Antena ISC.ANT.U270/270-EU (FQingenieria, 2017b)



Ingeniería Electrónica

FQ Ingeniería Electrónica, SA
 Polígono Industrial Vilanova
 Av. de les Roquetes, 9
 08822 Sant Pere de Ribes
 (Barcelona) Spain
 T: +34 93 208 02 98
 F: +34 93 459 28 93
www.fqingenieria.com
info@fqingenieria.com



Sistema de Gestión
ISO 9001:2008
www.tuv.com
ID: 81602047



Tag UHF industrial de 61,5x14,3 mm, ideal para superficies metálicas. Sujeción con cable o brida. » ZTHM-61X14.X1-A

Tag industrial de tamaño 61,5 x 14,3 x 13 mm y especialmente diseñado para su colocación en superficies metálicas. Se trata de un transponder de plástico ABS, muy resistente y con dos agujeros separadores en su base. Se puede sujetar mediante un cable o brida pasados por esos agujeros, o bien se podría entregar con adhesivo, bajo petición. Es ideal para entornos industriales y tiene un muy buen rendimiento de lectura.

Destacados

- Tags UHF para metal
- Encapsulados, ideales para aplicaciones industriales
- Diferentes tamaños
- Diferentes formatos de sujeción: agujeros para clavos o cables, adhesivo

Descripción

Tags UHF para aplicaciones industriales, donde es necesario identificar elementos metálicos. El metal dificulta mucho la lectura de un tag, es por ello que éste debe tener unas características especiales para hacer posible su lectura y, así, poder identificar equipos u elementos de metal. Los transponders son, mayoritariamente, encapsulados con carcasa rígida y resistente a golpes y a condiciones del entorno duras, donde puede haber líquidos, polvo, grasa, etc.


Hay tags de distintos tamaños y formas, para poder adaptarse a los distintos elementos a identificar y para poder obtener rendimientos de lectura óptimos. También encontramos algunos tags que, además de poder colocarse encima de metal, pueden soportar temperaturas altas, lo que les hace todavía más versátiles.

Algunas de las aplicaciones típicas son:

- Identificación de vehículos (camiones, sobre todo)
- Identificación de equipos IT
- Identificación de bombonas de gas
- Identificación de vagones
- Trazabilidad en la producción de elementos metálicos.

Fig. 27 – Tag ZTHM-61X14.X1-A (FQingenieria, 2017c)

8.3. ANEXO 3 - CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS RFID (OPÇÃO 1)




FQ Ingeniería Electrónica


FQ Ingeniería Electrónica, SA
Polígono Industrial Vilanova
Av. de les Roquetes, 9
08822 Sant Pere de Ribes
(Barcelona) Spain

T: +34 93 208 02 88
F: +34 93 459 28 93

www.fqingenieria.com
info@fqingenieria.com




Sistema de Gestión
ISO 9001:2008
www.tuv.com
ID: 11652287




Lector industrial activo con antena interna, Ethernet » ACT.T.L-E

Lector RFID industrial para la lectura de tags activos de 433 MHz. Dispone de una antena interna omnidireccional que permite hacer lecturas a distancias de entre 90 cm y 18 metros, aproximadamente. Con la conexión de una antena externa direccional puede llegar a los 180 metros. La potencia es regulable mediante comandos. Comunicaciones Ethernet.

 **Destacados**

- Potencia ajustable mediante comandos
- RSS (fuerza relativa de señal del tag y vida de la batería)
- Antena omnidireccional o conexión para antena direccional externa
- Lector y antena con nivel de IP67
- Incorpora 2 relés y entrada para lector de lazo

 **Descripción**

Los lectores ACT Series presentan importantes novedades que mejoran sensiblemente la fiabilidad de un sistema activo de identificación por RFID. Todos los lectores incorporan una antena omnidireccional interna capaz de leer los tags activos hasta los 18 metros o bien conectar una antena externa direccional para alcanzar los 180 metros. La distancia se ajusta automáticamente a través de comandos vía software.

Todos los lectores incorporan la funcionalidad (RSS - relative signal strenght) y reportan la vida restante de la batería del tag, estas funciones son indispensables para aplicaciones de control de acceso de vehículos, sistemas AVL, alertas de anti-colisión y trazabilidad de activos y personas.

Los lectores y la antena externa tienen una protección contra ingreso de polvo y agua de IP67 para instalar en exteriores. Disponen de 2 relés y una entrada para lazo inductivo. Las comunicaciones disponibles son RS232, RS485 o Ethernet.

Aplicaciones: control de acceso para vehículos, trazabilidad de vehículos y personas, alertas anti-colisión, sistemas automáticos de guiado de vehículos (AVI), trazabilidad de activos, seguridad perimetral, etc.

Fig. 28 – Leitor ACT.T.L-E (FQingenieria, 2017d)



Ingeniería Electrónica

FQ Ingeniería Electrónica, SA
Polígono Industrial Vilanova
Av. de les Roquetes, 9
08812 Sant Pere de Ribes
(Barcelona) Spain

T: +34 93 208 02 58
F: +34 93 459 28 93

www.fqingenieria.com
info@fqingenieria.com



Sistema de Gestión
ISO 9001:2008

www.fq.es
ID: 916623587



Antena industrial para lectores activos 433 MHz, con cable de 7,6 m » ACT.T.ANT.7-A

Antena externa industrial para los lectores activos. Se trata de una antena direccional que puede llegar a detectar tags a distancias máximas de 180 metros. Está preparada para el exterior (IP67) y tiene soportes traseros para instalarla en postes o en pared. Dispone de un cable de 7,6 metros incluido.

Destacados

- Agujeros formato VESA
- Nivel protección IP67
- Alcance hasta 180 metros
- Amplio rango de temperatura de operación

Descripción

Las antenas direccionales ofrecen el mayor rango de lectura de un tag activo, llegando hasta los 180 metros (dependiendo de las condiciones ambientales). La antena direccional es el complemento perfecto para los lectores ACT series y se suministran con cables de 3,6 metros o 7,6 metros.

Las antenas están construidas sobre una robusta estructura metálica y dispone de 4 agujeros en formato VESA para acoplar un soporte para poder montar sobre tubo o bien en pared. La antena dispone de un nivel de protección de IP67, por tanto, es apta para ser montada directamente en el exterior. La temperatura de operación es industrial soportando temperaturas extremas desde -40°C hasta +70°C.

Fig. 29 – Antena ACT.T.ANT.7-A (FQingenieria, 2017e)



FQ Ingeniería Electrónica



Sistema de
Garantía
ISO 9001:2008
www.fqingenieria.com
info@fqingenieria.com

FQ Ingeniería Electrónica, SA
Polígono Industrial Vilanova
Av. de les Roquetes, 9
08812 Sant Pere de Ribes
(Barcelona) Spain
T: +34 93 208 02 88
F: +34 93 459 28 93
www.fqingenieria.com
info@fqingenieria.com



Transponder activo 433 MHz de sólo lectura, IP69 sellado con epoxy » ACT.T.AT-A

Tag activo de 433 MHz, con batería interna. Es muy robusto, sellado con resina epoxy y preparado para estar en la intemperie. IP69. La vida de la batería puede llegar a ser de unos 3 años mínimo (depende de la frecuencia con la que emite el pulso). Puede reportar la potencia con la que es leído (RSSI), por lo que da una idea aproximada de la distancia del tag al lector. Opcionalmente también puede tener un sensor de movimiento.

Destacados

- Alimentación con batería de 3.0 V DC
- Vida de la batería garantizada para 3 años
- Temperatura extendida desde -40°C hasta +85°C
- Materiales plásticos estabilizados UV
- Opcionalmente pueden llevar un sensor de movimiento
- 3 distintos modelos

Descripción

Ofrecemos 3 tipos estándar de tags activos alimentados por batería:

Modelo ACT.T.CS-A: montado en una carcasa sellada de plástico ABS con nivel de protección de IP65 y led indicador de nivel bajo de batería. Tiene un peso de 57 gramos. Destinado para identificar personas y vehículos (parabrisas). La batería es reemplazable.

Modelo ACT.T.MM-A: montado en una carcasa de plástico ABS diseñado para no perder rendimiento al ser montado sobre elementos metálicos a través de tornillos. Batería reemplazable.

Modelo ACT.T.AT-A: montado en carcasa PET y sellado con epoxy es prácticamente indestructible y con protección de IP68, se monta mediante tornillos. Batería no reemplazable.

Todos los tags activos tienen una vida garantizada de 3 años con una frecuencia de transmisión de 590 microsegundos y una potencia de salida desde 1 mW hasta 10 mW (por defecto a 10 mW).

Opcionalmente pueden llevar un sensor de movimiento e informar de si están en reposo o se están moviendo.

Fig. 30 – Tag ACT.T.AT-A (FQingenieria, 2017f)

8.4. ANEXO 3 - CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS RFID (OPÇÃO 2)




GAO RFID Inc.
A Member of GAO Group
Celebrating Over 15 Year of Innovation

Product Overview
Double-Sided RFID Portal (6006-D)

Technical Specifications

Supported Readers	Enterprise Reader (216004)
Operation Temperature	-20°C to 50°C
Storage Temperature	-40°C to 70°C
RF Output	902MHz to 928MHz, 4Watt EIRP
LAN	Ethernet, Internet Protocol, optional 802.11b/g
Construction	119mil steel chassis; 187mil steel kick-plate, 250mil ABS covers
Dust and Moisture	IP53
Power	110 to 125 AC, 2A, 60Hz
Safety	UL69050, CSA 22.2/60950; TUV NRTL certified
Emissions	FCC 47 CFR Part 15, Canada RS210 (ALR-9800)
Dimensions(ALR-9814)	Chassis: 5.5" × 15" × 77"; base-plate: 6.5" × 22"
Recommended Pallet Height	Single height: 80 inches; double height: 96 inches




Double-Sided RFID Portal
GAO6006-D

www.GAORFID.com

Page 2 of 3

Fig. 31 – Leitor *Double-Sided RFID Portal* (6006-D) (GaoRFID, 2017a)




GAO RFID Inc.
A Member of GAO Group
Celebrating Over 15 Year of Innovation

Product Overview
Circular Polarized Antenna (326008)

This circularly-polarized antenna supports a stable delivery of UHF energy in a radial symmetrical pattern allowing for the ability to read RFID tags regardless of orientation.

Frequency Range	890MHz to 940 MHz
Polarization	Circular
Gain	6dBi max
Beam Width (3dB)	40 degrees nominal
Cross Polarization Rejection	20dB, min
Input Impedance	50Ohm nominal
Return Loss	-15dB across frequency range
Cable	LMR-195, 50ohm coaxial, reverse polarity TNC connector
Size	11.18" × 7.68" × 1.7"
Weight	680.40g
DC Input Impedance	10k Ohm



Circular Polarized Antenna
GAO326008

www.GAORFID.com

Page 1 of 2

Fig. 32 – Antena Circular Polarized Antenna (326008) (GaoRFID, 2017b)



GAO RFID Inc.

A Member of GAO Group

Celebrating Over 15 Year of Innovation

Product Overview

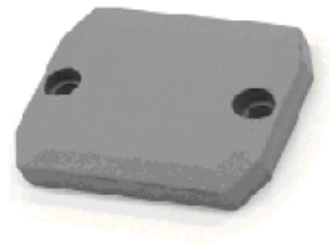
Passive 865 to 928MHz Gen 2 RFID Tag (116403)

The tag features reliable communication in demanding conditions with varying temperatures and mechanical stress which are challenges for any component.

This UHF Gen 2 RFID tag remains reliable communication in demanding conditions with varying temperatures and mechanical stress which are challenges for any component. It is designed for petrochemical, automotive and maritime industries and is also ideal for aerospace and asset tracking applications. A fully passive UHF solution enables a safe way to remote communication with transported assets and components on board and in ground handling. The tag can be mounted easily on any metallic surfaces either with industrial adhesive or pop rivets.

Specifications

Operating frequency	865 to 868MHz; 902 to 928MHz
Communication protocol	EPC Class 1 Gen 2
IC and memory size	96-bit EPC Impinj Monza/512-bit EPC NXP Gen 2
Read range	4 to 6m
Mounting	Mechanical, adhesive
Compliant	RoHS
Encapsulation material	Impact-resistant plastic
Protection rating	IP68 (IEC60529)
Operating temperature	-40°C to 125°C
Dimensions	52mm × 46mm × 10mm



Passive 865 to 928MHz Gen 2 RFID Tag www.GAORFID.com
GAO116403

Page 1 of 2

Fig. 33 – Tag Gen 2 RFID tag (116403) (GaoRFID, 2017c)